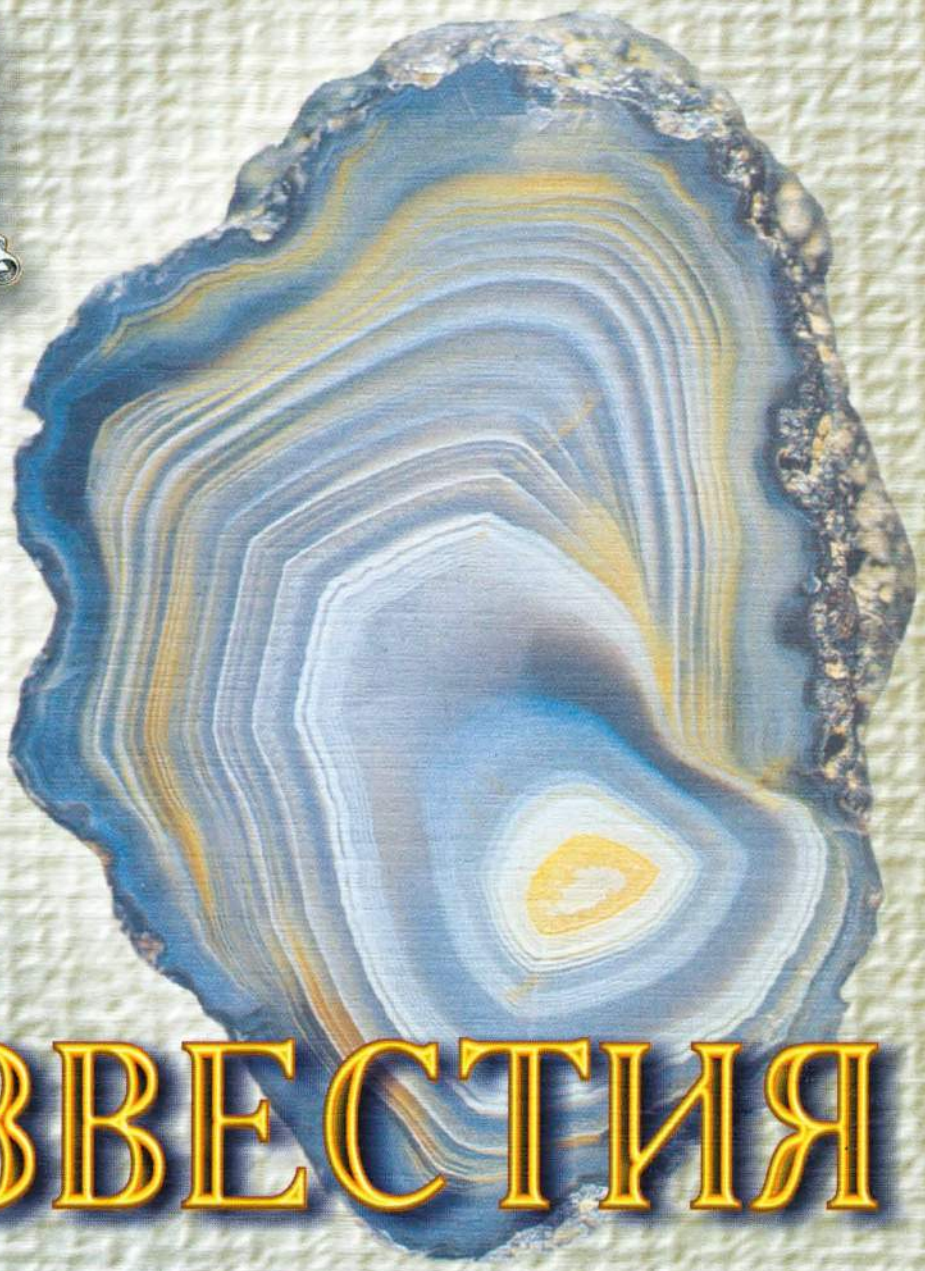
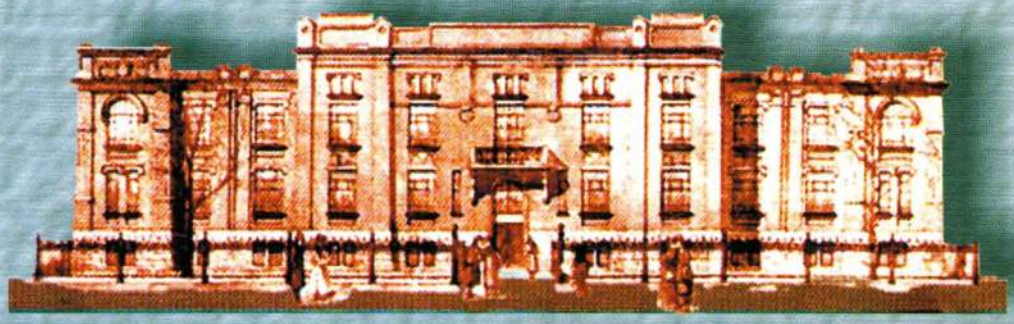
ISSN 2307-2091



ИЗВЕСТИЯ

Уральского государственного горного университета



Выпуск 4 (32), 2013

Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Уральский государственный горный университет»

ИЗВЕСТИЯ

Уральского государственного горного университета

Научно-технический журнал

Издается с 1918 г.

Выпуск 4(32)

2013

ISSN 2307-2091 Выходит 4 раза в год

Редакционная коллегия

Косарев Николай Петрович (главный редактор)	д-р техн. наук, профессор
Грязнов Олег Николаевич (зам. главного редактора)	д-р геол.-минерал. наук, профессор
Амдур Алексей Миронович	д-р техн. наук, профессор
Бабенко Владимир Витальевич	д-р геол.-минерал. наук, профессор
Баранников Александр Григорьевич	д-р геол.-минерал. наук, профессор
Боярских Геннадий Алексеевич	д-р техн. наук, профессор
Валиев Нияз Гадым-оглы	д-р техн. наук, профессор
Гордеев Виктор Александрович	д-р техн. наук, профессор
Гревцев Николай Васильевич	д-р техн. наук, профессор
Игнатьева Маргарита Николаевна	д-р экон. наук, профессор
Кардапольцева Валентина Николаевна	д-р культурологии, профессор
Козин Владимир Зиновьевич	д-р техн. наук, профессор
Корнилков Сергей Викторович	д-р техн. наук, профессор
Коротеев Виктор Алексеевич	академик РАН, д-р геол.-минерал. наук, профессор
Коршунов Игорь Георгиевич	д-р физ.-матем. наук, профессор
Кох Иван Адамович	д-р социол. наук, доцент
Лель Юрий Иванович	д-р техн. наук, профессор
Поленов Юрий Алексеевич (ученый секретарь)	д-р геол.-минерал. наук, профессор
Сидоров Александр Николаевич	д-р экон. наук
Сковородников Игорь Григорьевич	д-р геол.-минерал. наук, профессор
Сурнев Виктор Борисович	д-р физ.-матем. наук, профессор
Тимухин Сергей Андреевич	д-р техн. наук, профессор
Цыпин Евгений Федорович	д-р техн. наук, профессор

Редакция журнала

Главный редактор Косарев Н. П.
Зам. главного редактора Грязнов О. Н.
Ответственный секретарь Шорина Э. В.

Состав редакторов по разделам

Естественные науки:
Баранников А. Г. (ответственный редактор),
Амдур А. М., Коршунов И. Г.,
Сковородников И. Г., Сурнев В. Б.
Технические науки:
Тимухин С. А. (ответственный редактор),
Боярских Г. А., Лель Ю. И.
Социально-экономические и гуманитарные науки:
Игнатьева М. Н. (ответственный редактор),
Ветошкина Т. А., Кардапольцева В. Н., Кох И. А.,
Наседкин В. А., Удачина Н. А.
История университета, юбилейные даты:
Поленов Ю. А. (ответственный редактор)

Адрес редакции: 620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30,
Уральский государственный горный университет, комн. 3142. Тел.: (343)251-15-95
E-mail: iuggu@66.ru
http://www.ursmu.ru/science/izdatelskaya-deyatelnost/izvestiya-uggu.html

© Уральский государственный горный университет, 2013

© Авторы, постатейно, 2013

СОДЕРЖАНИЕ

ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ

Сурнев В. Б.
Матрично-операторная модель экономической системы с непрерывным временем 5

Андрианов Б. А.
Природная низкоэнергетическая реакция ядерного синтеза 12

Поленов Ю. А., Огородников В. Н., Бабенко В. В.
Генетическая связь Березовского золоторудного месторождения с адамеллитами Шарташского массива (Средний Урал) 17

Суставов О. А.
Крупная кварцевая жила восточной части Шарташского гранитного масссива: метасоматические изменения вмещающих пород и инфракрасные спектры кристаллов кварца 28

Полозов М. Б.
Пространственно-временная изменчивость химического состава природных вод в условиях длительной нефтедобычи 33

Контарь Е. С., Душин В. А.
Современные теоретические основы прогноза и поиска месторождений полезных ископаемых (о новом учебнике «Металлогения») 39

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Соловьев В. А., Секунцов А. И., Чернопазов Д. С.
Разработка и применение технологии выемки сильвинитовых пластов с регулярным оставлением столбчатых целиков на Верхнекамском месторождении калийных солей 41

Жабко А. В.
Основы общей теории расчета устойчивости откосов 47

NATURAL SCIENCES

Surnev V. B.
Operator-matrix model of economic system with continuous time 5

Andrianov B. A.
Natural low energy reaction of nuclear fusion 12

Polenov Yu. A., Ogorodnikov V. N., Babenko V. V.
Genetic link of Berezovsk gold deposit with adamellites of Shartash intrusion (the Middle Urals) 17

Sustavov O. A.
A large quartz vein in the eastern part of Shartash granite intrusion: metasomatic alterations of surrounded rocks and infrared spectrums of quartz crystals 28

Polozov M. B.
Space and time changeability of chemical composition of natural waters during long-term oil extraction 33

Kontar E. S., Dushin V. A.
Modern theoretical fundamentals of forecast and search for mineral deposits (about a new book «Metallogeny», the author is professor of Moscow State University V. I. Starostin) 39

TECHNICAL SCIENCES

Soloviev V. A., Sekuntsov A. I., Chernopazov D. S.
Development and application of sylvinite seams excavation technology with pillar-and-chamber method in Verchnekamsk potash deposit 41

Zhabko A. V.
Fundamentals of the general theory of calculation of slope stability 47

Давыдов С. Я.
Новые решения по использованию лент общепромышленного назначения для транспортирования насыпных грузов 59

Davydov S. Ya.
New solutions of the use of industrial tapes for transportation of loose materials 59

Герике П. Б.
Неразрушающий контроль оборудования гидромеханизации на угольных разрезах Кузбасса 72

Gericke P. B.
Non-destructive control of hydromechanization equipment in coal mines of Kuzbass 72

СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ И ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ

SOCIAL-ECONOMIC SCIENCES AND HUMANITIES

Косолапов О. В., Игнатьева М. Н.
Устойчивость как одна из основных характеристик системы 77

Kosolapov O. V., Ignatieva M. N.
Stability as one of the main characteristics of the system 77

Овчаров А. Ю.
К вопросу о страховании ядерных рисков 82

Ovcharov A. Yu.
On insurance of nuclear risks 82

Душин А. В.
Новая индустриализация и экономика знаний: основания развития 88

Dushin A. V.
New industrialization and knowledge economy: bases of the development 88

Стровский В. Е., Косолапов О. В.
Формирование локальных потенциалов предприятия 93

Strovsky V. E., Kosolapov O. V.
Formation of local potentials of the enterprise 93

Лаврикова Ю. Г., Котлярова С. Н.
Развитие рынков сбыта промышленной продукции Свердловской области в условиях ВТО 97

Lavrikova Yu. G., Kotlyarova S. N.
Developing of markets of industrial production of Sverdlovsk region in conditions of world trade organization (WTO) 97

ИСТОРИЯ УНИВЕРСИТЕТА

DATES OF OUR UNIVERSITY

Создание Уральского горного института
Поленов Ю. А. **101**

Formation of the Ural mining institute
Polenov Yu. A. **101**

ABSTRACTS AND REFERENCES 105

ABSTRACTS AND REFERENCES 105

ТРЕБОВАНИЯ К РУКОПИСЯМ СТАТЕЙ, НАПРАВЛЯЕМЫМ В ЖУРНАЛ 117

REQUIREMENTS TO MANUSCRIPTS 117

Вниманию читателей

Оформить подписку на журнал на 1-е полугодие 2014 года можно во всех отделениях Почты России (подписной индекс издания в каталоге Роспечать – 25145)

УДК 519.86

МАТРИЧНО-ОПЕРАТОРНАЯ МОДЕЛЬ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ С НЕПРЕРЫВНЫМ ВРЕМЕНЕМ

В. Б. Сурнев

Показано, что основная задача математического моделирования динамики параметрической производственно-сбытовой системы с сосредоточенными параметрами – задача Коши для системы ОДУ с зависящими от времени коэффициентами – при некоторых предположениях приводится к системе интегральных уравнений Вольтерра второго рода. С использованием аналитического вида решения системы интегральных уравнений Вольтерра в виде ряда последовательных подстановок построена операторно-матричная модель параметрической производственно-сбытовой системы с непрерывным временем, находящейся под воздействием внешних (экзогенных) возмущений. В рамках описанного формализма введено понятие оператора рождения нового продукта. Приведены утверждения, из которых следует адекватность формализма интегральных эволюционных уравнений Вольтерра моделируемой предметной ситуации.

Ключевые слова: *параметрическая система; оператор рождения; интегральные уравнения Вольтерра; операторно-матричная модель; математическое моделирование.*

Два представления линейной динамической системы с сосредоточенными параметрами. Известно [1], что сложная линейная динамическая (нестационарная) система с сосредоточенными параметрами может быть представлена в операторном виде:

$$\left|y(t)\right\rangle = S(t)\left|f(t)\right\rangle, \qquad (1)$$

где S – явно заданный матричный оператор системы, описывающий преобразование вектора-столбца входного сигнала $\left|f(t)\right\rangle$ в вектор-столбец выходного сигнала $\left|y(t)\right\rangle$, а $t \subset [a,b]$ – актуальное время эволюции системы. В развернутой форме соотношение (1) принимает следующий вид:

$$\begin{pmatrix} y^1(t) \\ y^2(t) \\ \dots \\ y^n(t) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} S_1^1(t) & S_2^1(t) & \dots & S_m^1(t) \\ S_1^2(t) & S_2^2(t) & \dots & S_m^2(t) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ S_1^n(t) & S_2^n(t) & \dots & S_m^n(t) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} f^1(t) \\ f^2(t) \\ \dots \\ f^m(t) \end{pmatrix}. \qquad (2)$$

Здесь элементы $S_j^i(t)$ матричного оператора системы $S(t)$ сами являются операторами, которые можно назвать операторами **рождения** по той причине, что действие каждого из них на соответствующую компоненту вектора входного сигнала приводит к «рождению» части соответствующей компоненты вектора выходного сигнала. Далее будет показано, что операторы рождения являются интегральными операторами, в рассматриваемом случае системы с сосредоточенными параметрами и непрерывным временем относятся к типу интегральных операторов Вольтерра и выражаются в виде вполне определенных интегрально-степенных рядов.

На основе аналогии с теорией рассеяния [2, 3] явно заданный матричный оператор системы S в соотношениях (2) называют ***матрицей рассеяния***, или просто ***S-матрицей***, пары векторов входного и выходного сигнала – ***каналами рассеяния***, саму сложную систему – ***многоканальной***, а ее математическую модель – ***многомерной***. Учитывая представление (2), будем дальше для оператора системы использовать матричное обозначение S и говорить о нем, как о S-матрице. Таким образом, подразумевается, что все уравнения рассматриваются в некотором

конкретном ***функциональном представлении***. Отметим, что размерности компонент векторов входного и выходного сигнала могут быть разными. Очевидно, что для *S*-матрицы системы можно найти только модельный вид и, следовательно, при таком способе описания эволюции системы *S*-матрица и является математической моделью последней. Дальше разделять понятие системы и ее математической модели не будем, основываясь на принципе «эквивалентности», который сформулирован в работе [4] следующим образом: «Поскольку мы можем толковать о физической реальности, только опираясь на ту или иную модель, самое простое – вообще забыть о различии между объектом и построенной нами моделью этого объекта».

Строение *S*-матрицы системы может быть достаточно сложным: *S*-матрица может иметь нулевые элементы, а ее ненулевые элементы – операторы рождения – могут иметь блочную структуру и т. д. Отметим еще одну особенность рассматриваемых систем. В записи *S*-матрицы в соотношении (2) операторы рождения явно зависят от времени. Такая зависимость имеет место, когда структурные параметры системы и ее математической модели являются функциями внешних (экзогенных) возмущений и если последние нестационарные – сложными функциями от времени. Такие системы и их математические модели называются экзогенными параметрическими системами [5–14]. Далее рассматриваем экзогенные параметрические системы с сосредоточенными параметрами. Из этих предварительных замечаний можно сделать следующий вывод: как только удается записать явный вид *S*-матрицы системы, так сразу изучение ее эволюции во времени сводится к получению выходного сигнала путем воздействия на входной сигнал *S*-матрицей в соответствии с соотношением (1) или, что то же самое, – (2). Поэтому задача построения *S*-матрицы системы может быть названа основной задачей математического моделирования экзогенных параметрических систем.

Несмотря на то что исследование эволюции системы, основанное на представлении (2), весьма удобно и прозрачно, оно применяется на практике редко, так как определить явный вид *S*-матрицы системы непросто. Поэтому для исследования эволюции во времени непрерывной многомерной системы с сосредоточенными параметрами применяется другой метод, основанный на математическом моделировании эволюции предметной системы системой обыкновенных дифференциальных уравнений. В данной работе показано, что при некоторых предположениях этот метод позволяет определить также и явный вид *S*-матрицы исследуемой системы.

В качестве примера напомним, что в рамках динамической модели Леонтьева с непрерывным временем эволюция идеальной производственно-сбытовой (экономической) системы описывается системой обыкновенных дифференциальных уравнений первого порядка [15, 16] с постоянными коэффициентами

$$I\frac{d}{dt}\left|Y\right\rangle = \Phi^{-1}\left(I-A\right)\left|Y\right\rangle - \Phi^{-1}\left|X\right\rangle, \quad (3)$$

где A – матрица прямых материальных затрат; Ф – матрица коэффициентов вложений или коэффициентов приростной фондоемкости; I – единичная матрица, вектор-столбец;

$$\left|Y(t)\right\rangle = \left(y^1(t) \quad y^2(t) \quad \ldots \quad y^n(t)\right)^T -$$

n-мерный вектор-столбец конечной продукции каждой из *n* отраслей производства, а

$$\left|X(t)\right\rangle = \left(x^1(t) \quad x^2(t) \quad \ldots \quad x^n(t)\right)^T -$$

n-мерный вектор-столбец входных воздействий на систему.

Экономический смысл элементов указанных матриц следующий. Элемент a_j^i матрицы A – коэффициент прямых материальных затрат, показывает, какое количество продукции i-й отрасли производства необходимо, если учитывать только прямые затраты, для производства единицы продукции j-й отрасли производства. Элемент φ_j^i матрицы Ф – коэффициент приростной фондоемкости, показывает, какое количество продукции i-й отрасли должно быть вложено в j-ю отрасль для увеличения производственной мощности j-й отрасли на единицу продукции.

Вводя обозначения

$$\left| f(t) \right\rangle = -\Phi^{-1} \left| X \right\rangle, P = \Phi^{-1}(I - A),$$

систему уравнений (3) запишем в виде

$$I \frac{d}{dt} \left| y(t) \right\rangle + P \left| y(t) \right\rangle = \left| f(t) \right\rangle. \qquad (4)$$

Добавляя к системе уравнений (4) начальные условия

$$\left| y(t_0) \right\rangle = \left| y_0 \right\rangle, \qquad (5)$$

видим, что динамика многомерной идеальной экономической системы описывается задачей Коши (4)–(5).

Подчеркнем, что математическая модель Леонтьева является идеальной, т. е. линейной, причем коэффициенты прямых материальных затрат и коэффициенты приростной фондоемкости считаются постоянными в течение всего изучаемого периода времени. Внешние возмущения в этой модели не учитываются, что является, однако, весьма грубым приближением к реальности.

Действительно, прямые материальные затраты складываются из объема производства товарной продукции, структуры товарной продукции, уровня затрат на единицу продукции (расход сырья и материалов на единицу продукции и средней стоимости единицы сырья и материалов), а также удельной зарплаты на единицу продукции (трудоемкость продукции и уровень оплаты труда за 1 чел./ч). Расход материалов на единицу продукции зависит от качества сырья и материалов, замены одного вида материала другим, изменения рецептуры сырья, техники, технологии и организации производства, квалификации работников, отходов сырья и других параметров. Вполне очевидно, что все эти факторы варьируются во времени. Уровень средней цены материалов зависит от рынков сырья, отпускной цены поставщика, внутригрупповой структуры материальных ресурсов, уровня транспортно-заготовительных расходов, качества сырья и т. д. Эти факторы также подвержены изменениям во времени.

Таким образом, видно, что элементы матрицы P – структурные параметры системы – являются сложными функциями времени. Причем видно, что функциональные зависимости элементов матрицы P от времени опосредованы и реализуются через достаточно большое число внешних параметров системы. В качестве таких параметров можно назвать среднюю стоимость сырья, удельную зарплату на единицу произведенной продукции, качество сырья, изменение рецептуры сырья, применяемую в процессе производства технику, технологию и организацию производства, квалификацию работников, стоимость утилизации отходов сырья и другие параметры. Привести полный перечень параметров вряд ли возможно. Если учитывается известное конечное число m таких параметров, то формально можно записать, что

$$p_j^i = p_j^i\left(c_1(t), c_2(t), \ldots, c_m(t), t\right),$$

т. е. получаем сложные функциональные зависимости структурных параметров от времени. Так как число внешних параметров $c_k = c_k(t)$ для системы неопределен-

но и зависит от степени детальности исследования системы, то можно принять, что зависимости структурных параметров системы – элементов матрицы P – от времени задано явно, что значительно упростит форму записи дифференциальных уравнений, описывающих динамику системы.

Таким образом, процесс эволюции многомерной экзогенной параметрической экономической системы (с сосредоточенными параметрами) моделируется неоднородной системой обыкновенных дифференциальных уравнений вида (4) с зависящими от времени коэффициентами

$$I\frac{d}{dt}\left|y(t)\right\rangle + P(t)\left|y(t)\right\rangle = \left|f(t)\right\rangle, \qquad (6)$$

где I – единичная матрица; $P(t)$ – функциональная матрица коэффициентов; $\left|f(t)\right\rangle$, $\left|y(t)\right\rangle$ соответственно n-мерные векторы внешних воздействий и отклика системы.

Основная задача для системы ОДУ (6) – это задача Коши с начальными условиями

$$\left|y(t_0)\right\rangle = \left|y_0\right\rangle. \qquad (7)$$

Описание динамики экзогенной параметрической системы с сосредоточенными параметрами эквивалентным интегральным эволюционным уравнением. Примем в качестве «разумного предположения», что внешние воздействия на систему имеют характер возмущений. В рамках этого предположения коэффициенты модельной системы дифференциальных уравнений (6) в окрестности начального значения t_0 можно считать функциями класса N [17], что характерно для систем со слабо зависящими от времени параметрами. Функциональную матрицу коэффициентов $P(t)$ системы (6) в окрестности значения $t_0 \in (a, b)$ представим формулой Тейлора [18]:

$$P(t) = A + \sum_{k=1}^{m} \frac{d^k P(t_0)}{dt^k} \frac{(t-t_0)^k}{k!} + \\ + \frac{d^{m+1}P(\xi)}{dt^{m+1}}\Big|_{t=t_0} \frac{(t-t_0)^{m+1}}{(m+1)!}. \qquad (8)$$

Подставляя (8) в уравнение (6), приведем его к виду

$$I\frac{d}{dt}\left|y(t)\right\rangle + A\left|y(t)\right\rangle = \\ = \Delta P(t)\left|y(t)\right\rangle + \left|f(t)\right\rangle, \qquad (9)$$

где

$$\Delta P(t) = -\left[\begin{array}{l} \sum_{k=1}^{m} \frac{d^k P(t_0)}{dt^k} \frac{(t-t_0)^k}{k!} + \\ + \frac{d^{m+1}P(\xi)}{dt^{m+1}}\Big|_{t=t_0} \frac{(t-t_0)^{m+1}}{(m+1)!} \end{array}\right].$$

Относя вектор $\Delta P(t)\left|y(t)\right\rangle$ к вторичным источникам и записывая решение векторного уравнения (9) по принципу Дюамеля [1], получаем интегральное уравнение следующего вида

$$\left|y(t)\right\rangle = G(t, t_0)\left|y_0\right\rangle + \left|y_0(t)\right\rangle + \\ + \int_{t_0}^{t} G(t, s)\Delta P(s)\left|y(s)\right\rangle ds, \qquad (10)$$

эквивалентное возмущенной задаче Коши (7), (9). Функция Грина $G(t, s)$ для начальных условий является решением задачи Коши специального вида [1]:

$$\left(I\frac{d}{dt} + A\right)Z(t) = O, Z(t_0) = I. \qquad (11)$$

Система, динамика которой определена задачей Коши (11), называется фоновой системой.

Утверждение 1. *Пусть на компактном промежутке* $[a, b]$ *изменения переменной t поставлена задача Коши (6), (7). Предположим, что элементы матрицы коэффициентов* $P(t)$ *векторного уравне-*

ния (6) непрерывны на промежутке $[a,b]$ *и дифференцируемы m + 1 раз на соответствующем открытом промежутке* (a,b). *Тогда, если известна функция Грина – решение задачи Коши (6), (7), то существует окрестность* $U(t_0)$ *произвольного начального значения* $t_0 \in (a,b)$ *такая, что при любых* $t \in U(t_0) \cap (a,b)$, *удовлетворяющих условию* $t > t_0$, *возмущенная задача Коши (7), (9) сводится к эквивалентному векторному интегральному уравнению Вольтерра (10).*

Уравнение (10) в условиях утверждения 1 является точным. Однако осуществить численное моделирование на основе этого уравнения сложно из-за наличия в интегральном члене функции, которая должна вычисляется в точке $t_0 < \xi < t$. Если предположить, что матрица коэффициентов $P(t)$ уравнения (6) является аналитической функцией и раскладывается в ряд Тейлора, то интегральное уравнение значительно упрощается [2]:

$$\left|y(t)\right\rangle = G(t,t_0)\left|y_0\right\rangle + \left|y_0(t)\right\rangle + \\ + \int_{t_0}^{t} G(t,s)\left[A - P(s)\right]\left|y(s)\right\rangle ds. \quad (12)$$

Адекватность системы интегральных эволюционных уравнений предметной ситуации. Полагая, что матричные элементы $G_k^i(t,s)$ в верхней половине $s > t$ квадрата $a \le t, s \le b$ доопределены условием $G_k^i(t,s) \equiv 0$ ($i, k = \overline{1,n}$), перепишем векторное интегральное уравнение Вольтерра (12) в виде векторного уравнения Фредгольма

$$\left|y(t)\right\rangle = \left|y_0(t)\right\rangle + \int_a^b G(t,t_1)\Delta P(t_1)\left|y(t_1)\right\rangle dt_1,$$

$$\left|y_0(t)\right\rangle \equiv G(t,t_0)\left|y_0\right\rangle + \int_a^b ds G(t,s) f(s). \quad (13)$$

Уравнение (13) – аналог уравнения Липмана–Швингера (УЛШ) теории рассеяния [2, 3]. Решение УЛШ (13) представляется борновским рядом, получаемым методом последовательных подстановок [19], и имеет вид:

$$\left|y(t)\right\rangle = \left|y_0(t)\right\rangle + \int_a^b G(t,t_1)\Delta P(t_1)\left|y_0(t_1)\right\rangle dt_1 + \\ + \int_a^b\int_a^b G(t,t_1)\Delta P(t_1) G(t_1,t_2)\Delta P(t_2)\left|y_0(t_2)\right\rangle dt_2 dt_1 + \ldots \quad (14)$$

Определяя матрицу взаимодействия

$$T \overset{\text{def}}{=} \int_a^b dt_1 G(t,t_1)\Delta P(t_1)[\ldots] + \\ \int_a^b\int_a^b G(t,t_1)\Delta P(t_1) G(t_1,t_2)\Delta P(t_2)[\ldots] dt_2 dt_1 + \ldots \quad (15)$$

и подставляя (15) в (14), получаем решение УЛШ (13) в виде

$$\left|y(t)\right\rangle = (I + T)\left|y_0(t)\right\rangle. \quad (16)$$

Операторное соотношение (16) определяет *S*-матрицу системы в явном виде:

$$S \overset{\text{def}}{=} I + T. \quad (17)$$

Чтобы показать, что интегральное уравнение (12), эквивалентное возмущенной задаче Коши (9), (7), описывает эволюцию во времени соответствующей линейной экзогенной параметрической системы с сосредоточенными параметрами, нужно выяснить вопрос о сходимости Борновского ряда (14) и типе этой сходимости. Тогда применимость этого уравнения для математического моделирования динамики параметрических систем будет обоснована. Нетрудно показать справедливость следующей теоремы [5].

Теорема. *Если* $(\forall i, j = \overline{1,n})$ *функции* $\left|y(t)\right\rangle$, $\left|f(t)\right\rangle$ *и матрица* $\Delta P(t)$ *непрерывны на компактном промежутке* $[a,b]$, *то ряд Борна (14) сходится на этом промежутке абсолютно и равномерно.*

Приведенная теорема в совокупности с утверждением 1 приводит к выводу об

адекватности уравнения (12) моделируемой предметной ситуации [12, 14].

Утверждение 2. *Пусть эволюция многомерной параметрической системы S с сосредоточенными параметрами на промежутке времени* $[a,b]$ *описывается решением задачи Коши (9), (7), а эволюция фоновой системы описывается соответствующей задачей Коши (11) для уравнения с постоянными коэффициентами, и пусть элементы матрицы коэффициентов* $P(t)$ *уравнения (6) как функции времени непрерывны на всtм промежутке* $[a,b]$ *и дифференцируемы* $m+1$ *раз на соответствующем открытом промежутке* (a,b). *Тогда существует такая окрестность* $U(t_0)$ *произвольного начального значения времени* $t_0 \in (a,b)$, *что при любых* $t \in U(t_0) \cap (a,b)$, *таких, что* $t > t_0$, *динамика экзогенной параметрической системы описывается интегральным уравнением вида (12).*

Утверждение 2 конструктивно, так как итерационный алгоритм решения уравнения (12) реализуется численно намного проще, чем решение исходной системы обыкновенных дифференциальных уравнений.

Возвращаясь к предметному смыслу изучаемой системы, из установленного соотношения (17) легко видеть, что элементы *S*-матрицы моделируемой экономической (производственно-сбытовой) системы, которые теперь можно назвать операторами рождения нового продукта, в рамках принятых предположений, имеют следующий явный вид

$$S_j^i(t) = \delta_j^i + T_j^i(t), \tag{18}$$

где δ_j^i – элементы единичной матрицы (второе название δ_j^i – символ Кронекера [17]), а элементы $T_j^i(t)$ матрицы взаимодействий (15) выражаются интегро-степенными рядами следующего вида:

$$T_j^i \overset{\text{def}}{=} \int_a^b dt_1 G_k^i(t,t_1)\Delta P_j^k(t_1)[\ldots] +$$

$$+\int_a^b\int_a^b G_k^i(t,t_1)\Delta P_m^k(t_1) G_n^m(t_1,t_2)\Delta P_j^n(t_2)[\ldots]dt_2 dt_1 + \ldots. \tag{19}$$

В заключение можно сделать следующие выводы:

1) математическая модель экономической (производственно-сбытовой) системы в виде матрично-операторного соотношения (2) установлена;

2) предложенный алгоритм нахождения операторов рождения нового продукта $S_j^i(t)$ является конструктивным в силу доказанных утверждений;

3) конкретный вид операторов рождения нового продукта должен содержать в себе все требуемые для рождения продукта операции, включая и логистические операции.

Построение математических моделей конкретных производственно-сбытовых экономических систем не являлось задачей данной статьи.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сурнев В. Б. Математическое моделирование. Непрерывные детерминированные модели. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2013. 689 с.

2. Тейлор Дж. Теория рассеяния. Квантовая теория нерелятивистских столкновений. М.: Мир, 1975. 565 с.

3. Сурнев В. Б. О рассеянии упругих волн локализованной неоднородностью // Изв. АН СССР. Физика Земли. 1988. № 2. С. 9–19.

4. Бёрке У. Пространство-время, геометрия, космология. М.: МИР, 1985. 416 с.

5. Сурнев В. Б., Пяткова В. Б. Метод анализа линейной многосвязной динамической системы // Изв. вузов. Горный журнал. 2005. № 6. С. 51–58.

6. Сурнев В. Б., Пяткова В. Б., Пятков А. И. О решении некоторых задач динамики экономических систем методом интегральных уравнений // Изв. вузов. Горный журнал. 2006. № 4. С. 105–118.

7. Сурнев В. Б., Пяткова В. Б., Пятков А. И. Исследование линейной динамической системы с переменными параметрами методом вторичных источников // Математическое моделирование механических явлений: материалы Всерос. науч.-техн. конф. Екатеринбург: Изд-во УГГУ. 2007. С. 53–56.

8. Сурнев В. Б., Пяткова В. Б., Пятков А. И. Математическое моделирование неидеальной линейной динамической системы с сосредоточенными параметрами // Математическое моделирование и краевые задачи: труды

Четвертой Всерос. науч. конф. с междунар. участием. Самара: Изд-во Самар. техн. ун-та. 2007. Ч. 2. С. 142–145.
9. Сурнев В. Б., Пяткова В. Б. О решении основных задач математического моделирования параметрических систем с сосредоточенными параметрами // Деп. в ВИНИТИ. 15.03.2010. № 161 – В. 2010. 24 с.
10. Сурнев В. Б., Пяткова В. Б., Человечков А. И. Параметрическая модель индуктивного измерительного преобразователя // Изв. вузов. Горный журнал. 2010. № 1. С. 49–56.
11. Пяткова В. Б., Сурнев В. Б. Некоторые вопросы теории и алгоритмы численного моделирования линейных параметрических систем // Математическое моделирование механических явлений: материалы Всерос. науч.-техн. конф. Екатеринбург: ЗАО «Таймер-КЦ», 2011. С. 11–14.
12. Пяткова В. Б., Сурнев В. Б. Математическое моделирование линейных параметрических систем с сосредоточенными параметрами. Обоснование адекватности метода интегральных эволюционных уравнений физической ситуации // Математическое моделирование и краевые задачи: труды Девятой Всерос. науч. конф. с междунар. участием. Самара: Изд-во Самар. техн. ун-та. 2013. Ч. 3. С. 60–64.
13. Пяткова В. Б., Сурнев В. Б. Параметрическая модель индуктивного измерительного преобразователя // Математическое моделирование механических явлений: материалы науч.-техн. конф. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2013. С. 66–68.
14. Пяткова В. Б., Сурнев В. Б. Обоснование адекватности метода интегральных эволюционных уравнений физической ситуации // Изв. УГГУ. 2013. Вып. 1 (29). С. 3–7.
15. Колемаев В. А. Математическая экономика. М.: ЮНИТИ, 2005. 399 с.
16. Колемаев В. А. Экономико-математическое моделирование. М.: ЮНИТИ, 2005. 295 с.
17. Сурнев В. Б. Дифференциальная геометрия. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2007. 186 с.
18. Сурнев В. Б. Основы высшей математики. Ч. 3. Анализ функций нескольких действительных переменных. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2010. 296 с.
19. Ловитт У. Б. Линейные интегральные уравнения. М.: ГИТТЛ, 1957. 266 с.

Поступила в редакцию 4 октября 2013 г.

Сурнев Виктор Борисович – доктор физико-математических наук, заведующий кафедрой математики. 620144, г. Екатеринбург, ГСП-126, ул. Куйбышева, 30, Уральский государственный горный университет. E-mail: sournev@yandex.ru

УДК 523.68 + 539.172.17

ПРИРОДНАЯ НИЗКОЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ РЕАКЦИЯ ЯДЕРНОГО СИНТЕЗА

Б. А. Андрианов

Предложена гипотеза, объясняющая сверхмощную вспышку, ударную волну и мгновенное испарение большей части Челябинского метеора появлением условий для протекания экзотермической низкоэнергетической реакции ядерного синтеза между ядрами магния и кремния, входящими в состав оливина и пироксена, найденных в метеорите. Рассмотрены возможные инициаторы такой реакции, которые предполагаются общими для известных экспериментов подобного рода.

Ключевые слова: *метеор; вспышка; взрыв; оливин; пироксен; изотопы; магний; кремний; железо; никель; хром; ядерный синтез; LENR.*

Наиболее загадочной особенностью, иногда наблюдаемой при падении метеора, является его внезапный взрыв в атмосфере, сопровождаемый ослепительной вспышкой и мощной ударной волной, энергия которой достигает нескольких мегатонн ТНТ. Такие случаи в истории человечества наблюдались несколько раз [1]. Максимальные значения имеют, как известно, Тунгусский феномен 1908 г. (10–15 Мт) и Челябинский метеор 2013 г. (0,44 Мт) [2].

Острый недостаток фактических данных в первом случае, прежде всего отсутствие следов метеоритного вещества, вызвал предположение о природной ядерной реакции синтеза в ядре кометы [3, 4], несовместимое, однако, с нашими знаниями о составе комет, а также о температуре и давлении, необходимых для инициирования такой ядерной реакции [5]. Однако второй случай показывает, что идея природной ядерной реакции сама по себе не лишена смысла и заслуживает внимания.

Выпавшие осколки убедительно показали, что 15 февраля 2013 г. в атмосфере на высоте 23,3 км взорвался именно метеор с первоначальной массой перед его входом в земную атмосферу около 11 000 т ($1{,}1 \times 10^7$ кг), двигавшийся в момент взрыва со скоростью 18,6 км/с ($1{,}86 \times 10^4$ м/с) [2]. Согласно [6], за 13 с своего движения в атмосфере он потерял 9/10 своей исходной массы вследствие абляции. Таким образом, к моменту взрыва масса метеора уменьшилась до $1{,}1 \times 10^6$ кг, следовательно, его кинетическая энергия составляла $1{,}9 \times 10^{14}$ Дж. Между тем энергия взрыва, по оценкам NASA, оказалась равной 440 кт [2], т. е. $1{,}84 \times 10^{15}$ Дж (1 кт ТНТ = $4{,}184 \times 10^{12}$ Дж). Эта величина на порядок превышает указанную кинетическую энергию объекта и вызывает острый вопрос о своем источнике.

Наряду с такой огромной разницей этих значений поражает также факт практически мгновенного выделения энергии взрыва. Метеор с громадной массой превратился в пар за считанные секунды: около 1100 т оставшегося метеорного вещества, избежавшего абляции, моментально испарилось, оставив после взрыва в воздухе густой дымный след, который до взрыва отсутствовал. Утверждение о выпадении на землю 1000 т осколков [6], основанное, очевидно, на простой арифметике, выглядит весьма сомнительно: как известно, суммарная масса найденных к настоящему времени осколков не превышает 700 кг. Для мгновенного нагревания столь массивного объекта до температуры плавления и испарения никакой обыкновенный теплотехнический механизм не известен.

Таким образом, природа уже не первый раз ставит перед нами эксперимент, в результате которого происходят мощный взрыв и мгновенное испарение каменной глыбы, в которой нет никакого химического взрывчатого вещества. Энергию, необходимую для этого, из всех известных средств способен обеспечить только ядерный взрыв, главные признаки которого характерны для поведения Челябинского метеора.

Во-первых, это сверхмощное световое излучение длительностью 5 с в виде стремительно увеличивающегося огненного шара, достигшего чрезвычайно больших размеров. Свечение нарастало не постепенно, а появи-

лось внезапно и намного превосходило тепловое излучение раскаленных газов, сопровождавшее полет метеора. Приблизительная энергия общего излучения вспышки составила $3{,}75 \times 10^{14}$ Дж [7], т. е. 20 % общей энергии взрыва. Яркость вспышки была такой, что многие очевидцы получили загар, даже человек, сидевший внутри автомобиля у заднего стекла. Известно кстати, что продолжительность свечения ядерного взрыва в секундах приближенно равна корню третьей степени из его энергии в килотоннах [8]. Грубая оценка энергии взрыва отсюда получается равной 125 Кт, что совпадает по порядку величины с оценкой [2].

Вторым признаком служит проникающая радиация, носившая импульсный характер. Несмотря на то что, по данным Росгидромета, радиационная обстановка после падения метеорита была нормальной, импульсное изменение радиационного фона не было зарегистрировано не потому, что отсутствовало, а вследствие того что средства измерений, установленные на дозиметрических постах радиационного воздушного контроля в Челябинской области, во-первых, скорее всего, не предназначены для отслеживания импульсных изменений гамма-фона, поскольку обычно основаны на газоразрядных чувствительных элементах и имеют время усреднения около нескольких десятков секунд, во-вторых, наблюдения на этих постах осуществляются только 3–8 раз в течение суток [9].

Тем не менее, гамма-импульс действительно был. Косвенным, но весьма существенным его подтверждением служат свидетельства челябинских очевидцев, почувствовавших сразу же после вспышки запах сгоревшего пороха [10]. Известно, что так пахнут оксиды азота, которые могли образоваться в воздухе только под действием мощного гамма-излучения в момент взрыва в результате радиохимической реакции. Продукты такой реакции не могли моментально распространиться из области взрыва со скоростью 60 км/с, а образовались именно под действием мощного гамма-импульса. Никаких данных о наличии нейтронов в составе этой проникающей радиации нет.

Нет также достоверных данных о радиочастотном импульсе, кроме кратковременного исчезновения мобильной связи, которое, конечно, могло быть связано с перегрузкой сотовых сетей.

Третий признак – ударная волна. Первая (всего их было три) пришла в Челябинск через 177 с, т. е. взрыв произошел на расстоянии (измеренном по наклонной линии) около 60 км от города. Здания основательно тряхнуло, рухнула даже кирпичная стена цеха на цинковом заводе, из окон вырвало рамы, разбитыми стеклами травмировано полторы тысячи человек. Если бы это случилось на меньшей высоте, сила ударной волны была бы, конечно, намного больше.

Радиоактивного загрязнения местности не произошло, вероятно, не только вследствие высотного характера взрыва (энергия гамма-импульса оказалась недостаточной, чтобы вызвать на земле наведенную остаточную радиоактивность), но главным образом по причине полного отсутствия нестабильных продуктов данной реакции.

Итак, поставленная задача выглядит следующим образом: на входе – каменный метеор (хондрит), на выходе – «чистый» ядерный взрыв. Какие воздействия и процессы за время 13 с движения объекта массой около 10^7 кг в земной атмосфере с конечной гиперзвуковой скоростью 18,6 км/с могли привести к такому результату?

Прежде всего, конечно, это огромные аэродинамические нагрузки. Например, для тела, движущегося со скоростью 20 км/с, разность давлений на его фронтальную и тыльную поверхности составляет от 10^7 Па на высоте 30 км до 10^8 Па на высоте 15 км [11]. Взаимодействуя с сильно сжатым и разогретым атмосферным воздухом, поверхность массивного тела нагревается до плавления и даже испарения, в то время как его внутренняя часть нагреться не успевает, т. е. эффект перегретой скороварки здесь не работает. Итак, первые два воздействия – это высокие поверхностные давление и температура.

Третьим фактором, который обычно не принимается во внимание при рассмотрении поведения метеоров, служит приобретение космическим телом отрицательного заряда, что может привести к повышению его потенциала до 10 кВ и выше [12]. Такие потенциалы создают большие значения напряженно-

сти электрического поля и плотности тока на шероховатых частях поверхности объекта, т. е. речь идет об электромагнитном воздействии на него.

Именно эти воздействия, главным из которых является третье, используются в экспериментах по низкоэнергетическим ядерным реакциям (LENR), в которых наблюдаются взаимные превращения химических элементов в концентрациях, заметно превышающих возможные погрешности измерений [13–16], причем происходит выделение избыточной энергии и отсутствует традиционная для ядерных реакций остаточная радиоактивность. Общей чертой всех указанных экспериментов как раз и являются большие значения плотности тока, т. е. высокая концентрация электронов на некоторых участках исследуемых образцов.

В статье [17] выдвинуто предположение о том, что при большой концентрации происходит прямое спаривание электронов с антипараллельными спиновыми магнитными моментами. Это достигается путем туннелирования через кулоновский потенциальный барьер в область доминирующих значений отрицательной энергии спин-спинового взаимодействия. Наиболее благоприятные условия для такого спаривания обеспечиваются при большой поверхностной плотности отрицательного заряда, в особенности на металлических остриях, находящихся под высоким потенциалом. Размер электронной пары определяется геометрией потенциальной ямы на графике зависимости энергии межэлектронного взаимодействия от расстояния и не превышает 2×10^{-13} м.

Отклик пары на внешнее постоянное электрическое поле выражается в ее вращении вокруг общего центра масс в плоскости, ортогональной вектору напряженности внешнего электрического поля. Коэффициент пропорциональности (гироэлектрическое отношение) между частотой вращения пары и напряженностью электрического поля оценен в [17] теоретически. Вращение электронных спиновых магнитных моментов приводит к появлению в месте расположения каждого электрона внутреннего электрического поля, продольная компонента которого полностью компенсирует внешнее поле, а поперечная направлена ортогонально вектору внешнего электрического поля и в полном соответствии с законом Кулона вызывает движение центра масс электронной пары вдоль себя, т. е. вдоль эквипотенциальных линий внешнего поля, так что пара выталкивается из этого поля вдоль эквипотенциальной поверхности. Такое движение является электрическим аналогом эффекта Мейснера–Оксенфельда. Его впервые наблюдал профессор Н. П. Мышкин в 1899 г. [18].

Убедительным экспериментальным доказательством существования спаренных электронов служит явление резонансного поглощения энергии переменного электрического поля структурными продуктами коронного разряда на отрицательно заряженном острие [19, 20]. Оно происходит на частоте, связанной с напряженностью постоянного электрического поля (при его небольших значениях) линейной зависимостью. Коэффициент пропорциональности в этой зависимости близок к теоретическому. Следовательно, экспериментально измеренная частота резонансного поглощения энергии переменного электрического поля очень близка к теоретической частоте вращения электронной пары в приложенном постоянном электрическом поле.

Вследствие неожиданных особенностей своего поведения во внешнем электрическом поле, спаренные электроны ускользают от обычного наблюдения и остаются в тени внимания исследователей. Такая «самомаскировка» электронных пар препятствует оценке их возможной значимости во многих природных процессах и явлениях. С учетом указанных свойств, в [17] предположена способность спаренных электронов участвовать в «холодных» ядерных реакциях в качестве своеобразного катализатора процесса, поскольку они движутся ортогонально вектору напряженности внешнего электрического поля и способны проникать в пространство между ядром атома и его электронной оболочкой, приводя, возможно, к ее возмущению и сближению ядер. С этих позиций приобретенный метеором отрицательный заряд может служить решающим фактором для инициализации низкоэнергетического ядерного синтеза.

В результате исследований установлено, что главными минералами изученных фраг-

ментов Челябинского метеорита являются оливин $(Fe, Mg)_2SiO_4$ и пироксен $(Mg, Fe)_2Si_2O_6$ [6]. В нем присутствуют также самородное железо и никель. Поэтому возможные низкоэнергетические реакции природного ядерного синтеза могут выглядеть так:

$$^{24}_{12}Mg + ^{30}_{14}Si \Rightarrow ^{54}_{26}Fe + 17,886\ \text{МэВ};$$

$$^{26}_{12}Mg + ^{28}_{14}Si \Rightarrow ^{54}_{26}Fe + 12,412\ \text{МэВ};$$

$$^{26}_{12}Mg + ^{30}_{14}Si \Rightarrow ^{56}_{26}Fe + 13,825\ \text{МэВ};$$

$$2\,^{29}_{14}Si \Rightarrow ^{58}_{28}Ni + 16,437\ \text{МэВ};$$

$$2\,^{30}_{14}Si \Rightarrow ^{60}_{28}Ni + 15,606\ \text{МэВ};$$

$$2\,^{26}_{12}Mg \Rightarrow ^{52}_{24}Cr + 10,722\ \text{МэВ}.$$

Ядра магния и кремния сливаются, образуя стабильный изотоп железа, либо два ядра кремния превращаются в ядро никеля или же два ядра магния превращаются в ядро хрома. Ядро кислорода в этом процессе не участвует, так как является дважды магическим и обладает большей стабильностью. Во всех этих реакциях выполняются законы сохранения заряда, числа нуклонов и изотопического спина. Энергетический выход реакции вычисляется по разности энергий покоя исходных и конечного продукта [21]. Инициатором реакции, как упоминалось, могут служить спаренные электроны. В дальнейшем, по мере тепловыделения, реакция может стать самоподдерживающейся, что, по-видимому, и произошло в Челябинске. Продукты реакции мгновенно испарились, образовав в воздухе густой след, который понемногу рассеялся, не вызвав радиоактивных осадков, которых там и не было. Для энергии взрыва 440 кт ($1,841 \times 10^{15}$ Дж) требуется $6,43 \times 10^{26}$ слияний ядер по первой из указанных реакций, т. е. 32 кг кремния и 25,6 кг магния, которых в веществе метеора имелось в избытке.

С этой точки зрения становится понятным и Тунгусский феномен. Очевидно, там произошел подобный взрыв, только значительно более мощный. Как и в Челябинском случае, бесполезно было искать осколки непосредственно под местом взрыва: если они и остались, то, скорее всего, улетели далеко в тайгу. Находит также более обоснованное объяснение проблема происхождения тектитов [22], в частности, отсутствие в них метеоритного вещества. Наконец, природный ядерный взрыв, случившийся на низкой высоте, позволяет объяснить загадку катастрофы в Мохенджо-Даро [23] без привлечения фантастических представлений о ядерной войне в глубокой древности.

Характер протекания процесса должен зависеть от агрегатного состояния, температуры, давления и концентрации исходных продуктов, а также от параметров электрического воздействия на них. Не исключено и даже более вероятно, что в определенных условиях такие реакции могут протекать спокойно, без взрыва, поэтому их дальнейшее изучение представляется весьма актуальным и перспективным в плане получения дешевой и чистой ядерной энергии.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. List of meteor air bursts. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_meteor_air_bursts

2. Additional Details on the Large Feb. 15 Fireball over Russia. URL: http://www.jpl.nasa.gov/news/news.php?release=2013-061

3. D'Alessio S. J. D., Harms A. A. Comet induced nuclear fusion in the atmosphere // Annals of Nuclear Energy. 1988. Vol. 15 (12). P. 567–569.

4. D'Alessio S. J. D. The nuclear and aerial dynamics of the Tunguska Event // Planetary and Space Science. 1989. Vol. 37 (3). P. 329–340.

5. Greenberg J. M. Making a comet nucleus // Astronomy and Astrophysics. 1998. Vol. 330. P. 375–380.

6. Результаты изучения Челябинского метеорита в Институте геохимии и аналитической химии имени В. И. Вернадского (ГЕОХИ РАН): пресс-конференция. URL: http://www.youtube.com/watch?v=VsGeD2ueyHU

7. Don Yeomans & Paul Chodas NASA/JPL Near-Earth Object Program Office March 1, 2013. URL: http://neo.jpl.nasa.gov/news/fireball_130301.html

8. Поражающие факторы ядерного взрыва. URL: http://ru.wikipedia.org/

9. Радиационная обстановка на территории Челябинской области в феврале 2013 года. URL: http://www.chelpogoda.ru/pages/866.php

10. Падение метеора сегодня зафиксировано на Урале. URL: http://intrest.ru/archives/4625

11. Бусарев В. В. Метеоры и метеориты. http://selena.sai.msu.ru

12. Garrett H. B. The charging of spacecraft surfaces // Reviews of Geophysics and Space Physic. 1981. Vol. 19, N 4. P. 577–616. URL: http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/RG019i004p00577/abstract

13. Взаимопревращения химических элементов / В. Ф. Балакирев [и др.]. Екатеринбург: УрО РАН, 2003. 97 с.

14. Adamenko S., Selleri F., Alwyn van der Merwe (Eds.). Controlled Nucleosynthesis // Breakthroughs in Experiment

and Theory, Series: Fundamental Theories of Physics. Dordrecht: Springer, 2007. Vol. 156. 780 p.
15. Urutskoev L. I. Review of experimental results on low-energy transformation of nucleus // Ann. Fond. L.de Broglie. 2004. Vol. 29. Hors Serie 3. P. 1149–1164.
16. Urutskoev L. I., Liksonov V. I., Tsinoev V. G. Observation of transformation of chemical elements during an electric discharge // Ann. Fond. L. de Broglie. 2002. Vol. 27, N 4. P. 701–726.
17. Andrianov B. A. Direct pairing of electrons // Вестник ЮУрГУ. Сер. «Математика. Физика. Химия». 2003. Вып. 4. № 8 (24). С. 46–50. URL: http://pdf.vestnik.susu.ac.ru/mpc/04/10p046_Andrianov.pdf
18. Мышкин Н. П. Поток электричества в поле заряженного острия и его воздействие на диэлектрик. Варшава: Типография АО С. Оргельбранда и Сыновей, 1900. 88 с.
19. Андрианов Б. А. Электрический аналог магнитного резонанса // Письма в Журнал технической физики. 2000. Т. 26, вып. 6. С. 12–17.
20. Andrianov B. A. Resonance absorption of rf electric field energy by negative point-to-plane gap // Вестник ЮУрГУ. Сер. «Математика. Физика. Химия». 2003. Вып. 4. № 8 (24). С. 41–45. URL: http://pdf.vestnik.susu.ac.ru/mpc/04/09p041_Andrianov.pdf
21. Nucleus ground and isomeric states parameters search engine. URL: http://cdfe.sinp.msu.ru/services/gsp.en.html
22. Колтыпин А., Олексенко П. Ядерные войны уже были и оставили много следов (геологические свидетельства ядерных и термоядерных военных конфликтов в прошлом). Тектиты. URL: http://www.dopotopa.com/a_koltypin_p_oleksenko_geologicheskie_svidetelstva_jadernyh_voyn_part_1_tektity.html
23. Davenport D. Atomic Destruction in 2000 B. C. Milan, Italy, 1979. URL: http://www.ancient-origins.net/ancient-places-asia/mohenjo-daro-massacre-00819#sthash.UaYmrybR.dpuf

Поступила в редакцию 11 ноября 2013 г.

Андрианов Борис Андреевич – кандидат технических наук. г. Челябинск, Южно-Уральский государственный университет (Национальный исследовательский университет), физический факультет, кафедра общей и экспериментальной физики. E-mail: aba@susu.ac.ru

УДК 553.441(470.5)

К ВОПРОСУ О ПАРАГЕНЕТИЧЕСКОЙ СВЯЗИ БЕРЕЗОВСКОГО ЗОЛОТОРУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ С АДАМЕЛЛИТАМИ ШАРТАШСКОГО МАССИВА (СРЕДНИЙ УРАЛ)

Ю. А. Поленов, В. Н. Огородников, В. В. Бабенко

Образование уральских золоторудных месторождений кварцево-жильного типа генетически связано с массивами гранитоидов тоналит-гранодиоритовой формации. Не является исключением и крупное Березовское месторождение. В последние десятилетия получены убедительные доказательства связи этого месторождения, располагающегося в надынтрузивной зоне Шарташского гранитного массива, со становлением этого массива.

Ключевые слова: *Шарташский массив; Березовское месторождение; кварцевые жилы; дайковый комплекс; золоторудный кварц; шеелитоносный кварц; метасоматиты.*

Район Шарташского гранитного массива издавна привлекает к себе внимание исследователей, так как здесь находится Березовское золоторудное месторождение. Проблема образования крупного месторождения кварцево-жильного типа для Урала имеет большое практическое значение поисков золоторудных объектов этого типа на новых площадях Уральского складчатого пояса.

Шарташский гранитный массив расположен на восточной окраине г. Екатеринбурга, доступен для наблюдения в карьерах и коренных выходах. Представляет собой изометричную в плане интрузию площадью около 30 км^2. В тектоническом отношении массив приурочен к одноименной с ним брахиантиклинали, расположенной в северном погружении Сысертского мегантиклинория, относящегося к Восточно-Уральскому тектоническому поднятию. Непосредственно вмещающими граниты породами являются в основном амфиболиты и зеленые сланцы силурийского возраста, а также тальково-карбонатные породы – продукты метаморфизма ультрабазитов силура (рис. 1).

Шарташский массив сложен почти полностью непредельными по содержанию кремнезема гранитами. Лишь в одном пункте, в его северо-восточной части, установлены гранодиориты. Контакт их с гранитами не вскрыт. По гравиметрическим данным, Шарташский интрузив – крупное тело, расширяющееся на глубину и представляющее собой один из выходов на дневную поверхность Большого Шарташского плутона неправильной формы в плане и субширотной ориентировки. Вертикальные размеры этого плутона около 5 км. Западный Шарташский и расположенный восточнее Шпанчевский выступы картируются на современном срезе, более восточный Становлянский (слепой) выступ четко фиксируется локальной отрицательной аномалией в поле силы тяжести. Его апикальная часть вскрыта структурно-поисковой скважиной на глубине около 800 м [1].

Неоднородность геологического строения массива обусловлена трехфазным внедрением гранитов-адамеллитов и сопутствующим внедрением многочисленных даек разнообразного состава: от лампрофиров до аляскитов. Р. С. Куруленко [2] расчленил граниты на три самостоятельные фазы, каждая из которых сопровождалась многочисленными дайками разнообразного состава. Первая фаза представлена крупнозернистыми, вторая – среднезернистыми и третья – мелкозернистыми гранитами, близкими по минеральному и химическому составу. Контакты между выделенными разновидностями пород четкие интрузивные. Жильные образования, следующие после каждой из интрузивных фаз, представлены пегматитами, аплитами, гранит-порфирами, гранодиорит-порфирами и лампрофирами, внедрившимися в антидромной коллизионной последовательности. Эти данные позволили Р. С. Куруленко [2] рассматривать совокупность пород, слагающих Шарташский массив, в качестве сложной

многоритмовой (мультиплетной, по терминологии Э. П. Изоха) серии, состоящей из трех интрузивно-дайковых комплексов. Следует подчеркнуть, что антидромная последовательность внедрения пород – специфическая особенность только Шарташского массива,

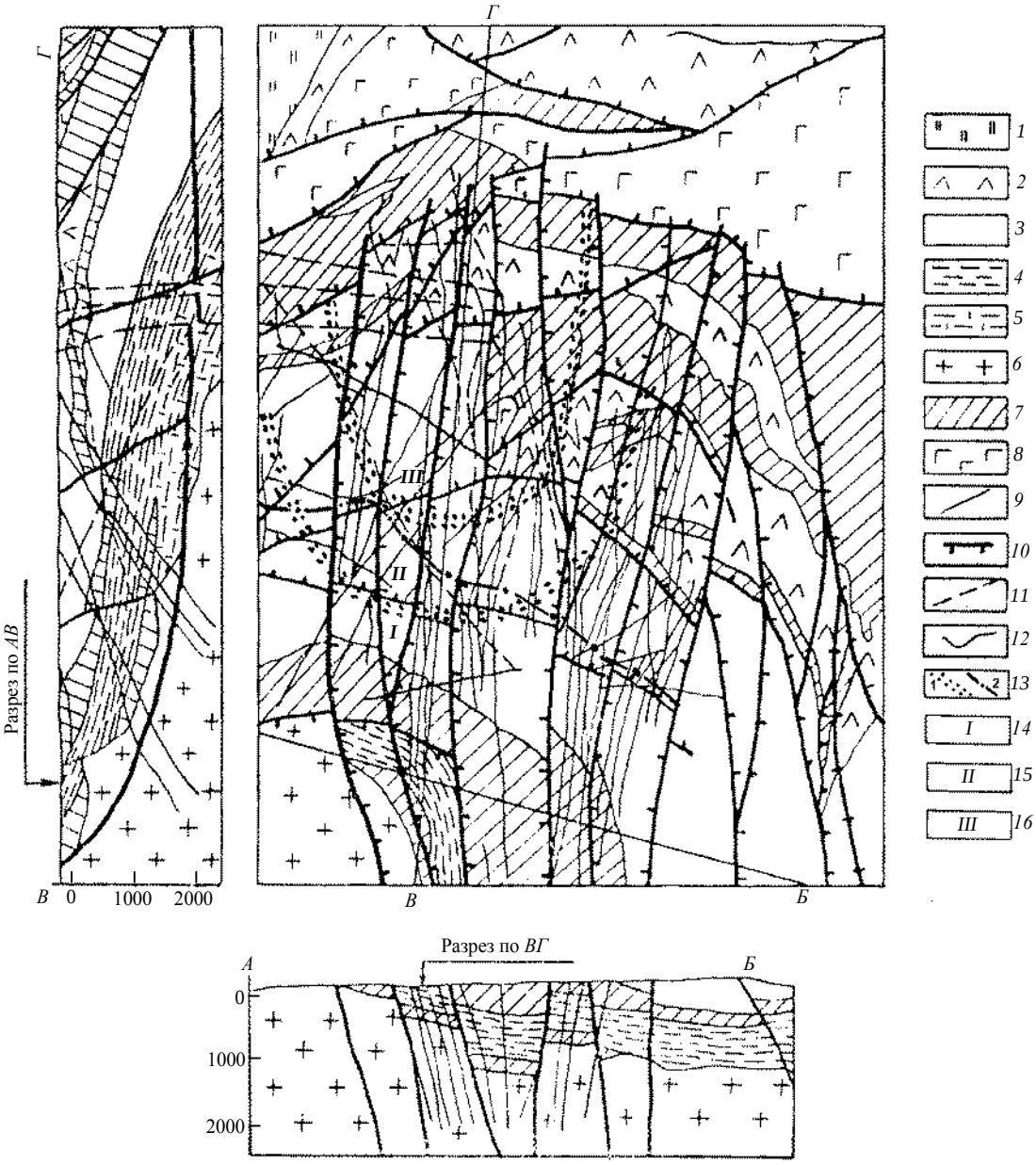


Рис. 1. Геологическая схема Березовского рудного поля [1]:
1 – углисто-кремнистые, кремнисто-глинистые породы; *2* – афириты базальтовые, диабазы тонкозернистые; *3* – афириты базальтовые, вариолиты, туфогравелиты, туфопесчаники, зеленые сланцы; *4* – углисто-кварцевые, серицит-кварцевые сланцы; *5* – плагиогнейсы и гнейсы биотитовые и роговообманково-биотитовые; *6* – граниты среднезернистые, биотитовые; *7* – серпентиниты и тальково-карбонатные породы; *8* – габбро; *9* – дайки гранитоидов; *10* – додайковые тектонические нарушения; *11* – последайковые тектонические нарушения; *12* – границы пород; *13* – границы минеральных ассоциаций полиметаллической формации: *14* – анкерит-кварцевой; *15* – пирит-кварцевой; *16* – полиметаллической и карбонатной

не отмеченная ни в одном другом массиве.

По минеральному составу, а также по составу и свойствам главных породообразующих минералов граниты всех структурных разновидностей не отличаются. Среднее содержание главных породообразующих минералов в гранитах следующее, %: зональный плагиоклаз (№ 15) – 33…50; кварц – 22…23, микроклин-пертит – 11…20, биотит – 5…6; изредка присутствует роговая обманка. Зональность плагиоклаза обычно прямая, реже обратная. Рудные и акцессорные минералы

– магнетит, пирит, циркон, эпидот, ортит, апатит.

Химический состав пород также свидетельствует об отсутствии существенных различий между разнозернистыми гранитами, принадлежности их к калиево-натриевому ряду и недонасыщенности кремнеземом в сравнении с мировым типом гранита. Особенностью шарташских гранитов является их повышенная основность, по сравнению со средним уральским гранитом: пониженное содержание двуокиси кремния, сравнительно высокое содержание темноцветной части, большая доля плагиоклазов среди полевых шпатов. По анортитовому числу они относятся к промежуточным породам между гранитами и гранодиоритами, т. е. к адамеллитам.

В Шарташских гранитах располагаются многочисленные дайки разных типов жильных пород. Дайки гранит-порфиров, лампрофиров, прожилки пегматита и аплита выполняют крутопадающие трещины субмеридионального простирания. С трещинами северо-западного простирания (330…340°), падающими на северо-восток под углом 65…70°, связаны сложные дайки гранит-порфиров, эолитов, пегматитов, лейкократовых гранитов. Трещины северо-восточного простирания (20…50°) с падением на северо-запад под углом 70…80° контролируют дайки мелкозернистых гранитов, прожилки пегматитов, аплитов. Субширотные трещины иногда выполнены маломощными прожилками пегматита, аплита, лейкократового гранита, кварца, гранит-порфира [2].

Гранит-порфиры – наиболее широко распространенные жильные порода массива. Мощность даек – от единиц сантиметров до 40…50 м, строение неоднородное: наблюдается постепенное уменьшение крупности зерна от центральных к периферическим частям даек, обусловленное различной степенью переохлаждения расплавов. Различные по структуре гранит-порфиры встречаются и в виде самостоятельных даек. Гранит-порфиры II встречены в виде единичных маломощных (до 1 м) даек. От гранит-порфиров I они отличаются наличием сравнительно крупных вкрапленников микроклина, кварца, плагиоклаза и отсутствием во вкрапленниках биотита. Основная масса мелкозернистая, яснокристаллическая.

Лампрофиры – сравнительно редкие дайки, мощностью до 2 м. Различают лампрофиры I – ранние и II – поздние. Лампрофиры I представляют собой зелено-черные порфировидные породы, редкие вкрапленники которых состоят из зеленой роговой обманки и вторичного биотита. Лампрофиры II состоят из двух разновидностей. Первая содержит во вкрапленниках черные игольчатые кристаллы роговой обманки, прямоугольные зерна белого плагиоклаза и единичные округлые зерна кварца. Основная масса тонкозернистая темно-серая. По количественному минеральному составу (кварц – 16 %, плагиоклаз – 59,0 %, калишпат – 6,0 %, темноцветные – 19,0 %) лампрофиры относятся к жильным кварцевым диоритам (мальхитам).

Лейкократовые граниты наблюдаются в виде многочисленных даек мощностью от единиц сантиметров до 70 см. В юго-восточном экзоконтакте массива известны дайки лейкократовых гранитов мощностью 2…10 м. Аплиты – широко распространенные жильные породы массива, обычно они имеют мощность 1…20 см, в отдельных случаях 10…50 м. Макроскопически аплиты белого, розовато- и желтовато-белого цвета, тонкозернистые, мелкозернистые, переходящие в пегматоидные.

Пегматиты образуют маломощные, слабо дифференцированные жилы мелкоблокового и тонкозернистого сложения. Центральная часть жил обычно сложена кварцем. Кварцевые жилы встречаются в виде тонких прожилков (0,1…10 см) и линзовидных включений в гранитоидах. Сравнительно мощные кварцевые жилы (до 1,5 м) известны в экзоконтакте массива.

Наблюдения над взаимными пересечениями, проведенные в карьерах, показали сложную историю формирования жильных пород. В широком диапазоне времени внедрялись лейкократовые граниты, аплиты, пегматиты и кварцевые жилы. Они известны во взаимных пересечениях со всеми описанными разновидностями жильных пород массива и неод-

нократно пересекаются между собой. Гранит-порфиры также представляют собой сложные и многократные образования. Дайки лампрофиров I пересекают средне- и крупнозернистые граниты; лампрофиры II рассекают мелкозернистые граниты и гранит-порфиры I [2].

При изучении гранитоидов и метасоматитов Шарташского массива краткие сведения о кварцевых жилах, залегающих в гранитоидах, приведены в работах А. И. Грабежева, Б. В. Чеснокова, Р. С. Куруленко, В. Н. Сазонова и многих других. Однако наиболее полное полевое описание кварцевых жил сделано Р. С. Куруленко [3] и О. А. Суставовым [4], а минеральный состав жил наиболее полно рассмотрен в работах С. В. Прибавкина с соавторами [5, 6].

Р. С. Куруленко [3] в Шарташском гранитном карьере описан участок развития многочисленных кварцево-сульфидных жил и гидротермально измененных пород, несущих разнообразную сульфидную минерализацию, образующую местами крупнокристаллические скопления и друзовые образования в кварцевых жилах. Участок находится в зоне контакта средне- и мелкозернистых адамеллитов, рассланцованных и пересеченных дайками и жилами: среднезернистые адамеллиты рассечены дайками адамеллит-порфиров, гранодиорит-порфиров, лампрофиров, аплитов, кварцевых жил; мелкозернистые адамеллиты – лейкократовыми гранитами, аплитами, кварцевыми жилами.

Кварцевые жилы имеют небольшую мощность (от долей до 2 см), крутое падение, расположены на расстоянии 0,01…2,0 м друг от друга, породы вдоль них в виде полосы шириной 0,1…30 см интенсивно березитизированы. Серия кварцевых жил является секущей по отношению к отмеченным дайкам и согласной с простиранием контакта средне- и мелкозернистых адамеллитов. Жилы примерно на 60 % выполнены полупрозрачным мелкозернистым, иногда друзовым кварцем серого, светло-серого до белого цвета и значительно менее распространенным кальцитом. Сульфиды образуют вкрапленность, прожилки и редко гнездовые скопления в кварце, а в березите – тонко рассеянную вкрапленность и нитевидные прожилки. По подсчету в одной из глыб, пирит составляет 25 % объема жилы, тетраэдрит – 8 %, сфалерит – 2,5 %, галенит – 1,5 %. Кристаллы пирита наблюдаются в виде кубов, редко пентагондодекаэдров; сфалерит представлен кристаллами клейофана зеленовато-желтого до серого цвета, тетраэдрического облика; галенит встречается в виде кубических, редко октаэдрических кристаллов; тетраэдрит образует тонкозернистые агрегаты. В полированных шлифах наиболее ранним из сульфидных минералов является пирит, образующий идиоморфные зерна, замещаемые галенитом, сфалеритом. Нередко сульфиды образуют сростки друг с другом: сфалерит, как правило, приурочен к тетраэдриту, последний замещается галенитом, образуя графические структуры [3].

Крупная кварцевая жила в Шарташском гранитном массиве описана О. А. Суставовым и Е. Н. Паршаковым [4, 7]. Жила располагается в 6 км к востоку от Екатеринбурга, у дороги Екатеринбург–Ново-Свердловская ТЭЦ (0,4 км к западу от автобусной остановки Сады). Мощность жилы до 1 м, длина по простиранию более 175 м. Она имеет северо-восточное простирание, падение на юго-восток около 80°. В настоящее время жила в значительной степени выработана. Жила залегает среди обычных среднезернистых низкощелочных шарташских гранитов, местами идет вдоль контактов секущей граниты дайки лампрофиров мощностью до 4 м. С запада к жиле подходит пересекающая граниты мощная (до 10 м) дайка гранит-порфиров северо-западного простирания.

Гранит приобретает возле жилы желтоватую окраску в связи с начинающейся пелитизацией микроклина. Вокруг некоторых тонких апофиз кварцевой жилы наблюдается замещение плагиоклаза и биотита гранитов микроклином и серицитом. В контактах кварцевых прожилков, залегающих в гранит-порфирах, происходит почти полная серицитизация плагиоклаза гранит-порфиров с образованием метасоматита, состоящего из серицита, кварца и исходного микроклина.

Лампрофиры в контактах с кварцевой жилой подвергаются осветлению в связи с за-

мещением биотита, амфибола, отчасти плагиоклаза серицитом и увеличением количества кварца. Микроклин в ходе этих преобразований остается свежим.

Измененные граниты и гранит-порфиры по составу сходны с породами внешней зоны метасоматической колонки гумбеитизации, а измененные лампрофиры – березитизации, с тем отличием, что карбонатов в рассматриваемых породах не отмечается.

Жила сложена гигантозернистым замутненным кварцем. В нем наблюдаются волнистое угасание, системы изгибов, блокование, полигонизация. В жиле нередко присутствует микроклин. В виде отдельных гнезд и по трещинам в кварце наблюдаются галенит и блеклые руды; последние образуют крупные выделения с примесью пирита и тонкозернистые срастания с галенитом. Встречаются также серицит и сфалерит (клейофан). Химический состав и параметры кристаллической решетки блеклых руд соответствуют тетраэдриту. С приближением к сульфидам молочно-белый кварц нередко сменяется прозрачным. В молочно-белом кварце наблюдаются прожилки прозрачного кварца 2-й генерации с галенитом, а также прожилки прозрачного кварца с кристаллами горного хрусталя. При разработке жилы в ней было встречено гнездо размером более 1 м, в котором находились кристаллы кварца длиной до 0,5 м.

Кристаллы горного хрусталя бесцветные и дымчатые, гексагонально-призматического габитуса. В них встречаются первичные трехфазовые флюидные включения с жидкой углекислотой. Вторичные флюидные включения вдоль залеченных трещин двухфазовые, образовались из растворов, не содержащих значительных количеств CO_2. Учитывая наличие в некоторых кристаллах кварца взвешенных ограненных кристалликов блеклых руд, можно заключить, что образование сопровождающего сульфиды прозрачного кварца происходило одновременно с образованием кристаллов горного хрусталя [4].

В пределах Шарташского массива адамеллитов и в западной части Березовского месторождения кварцевые жилы и прожилки сопровождаются ореолами гумбеитизации. Обычно это маломощные (редко до 0,3 м) оторочки. Выделены ранние (микроклиновые) и поздние (микроклин-серицитовые) гумбеиты. Поздние гумбеиты – это разновидность метасоматитов, промежуточных между гумбеитами и березитами [8]. В 1998 г. авторами статьи в южном борту Шарташского карьера были получены дополнительные материалы по взаимоотношениям березитов и гумбеитов (рис. 2). Этот рисунок дает основание для вывода о том, что березиты могут формироваться в составе гумбеитовой формации, при пониженном химическом (по сравнению с формацией гумбеитов) потенциале калия [8].

Помимо гумбеитов, в Шарташском карьере встречаются розовые или кремовые эйситы. Эйсит из оторочки кварцевого прожилка, представленный кварцем, альбитом и карбонатом (кальцит + доломит-анкерит), был подвергнут термобарометрии с использованием доломит-кальцитового термобарометра. Получены следующие PT-параметры эйситизации в адамеллитах: T = 425…330 °C, P = 0,1…0,5 кбар [8].

Результаты исследований

1. Большинство исследователей уральские золоторудные месторождения кварцево-жильного типа связывают с массивами гранитоидов тоналит-гранодиоритовой формации [9]. Не является исключением и Березовское месторождение. В последние десятилетия получены убедительные доказательства генетической связи этого месторождения, располагающегося в надынтрузивной зоне Шарташского гранитного массива со становлением этого массива [9].

Возраст адамеллитов Шарташского массива, определенный рубидий-стронциевым методом, составляет 328 + 18 млн лет [10]. Гранитоиды Шарташского массива являются следствием многократного ступенчатого анатексиса, связанного с процессами коллизии. Как отмечает Г. Б. Ферштатер [9], палеозойский анатексис на Урале протекал в условиях, близких к флюидонасыщенным, а характерной особенностью рудоносных комплексов является длительность их формирования. При этом продолжительность каждого

эпизода интрузии невелика, основное время занимают процессы анатексиса и предшествующего ему разогрева протолита [9]. По нашим представлениям, этим обстоятельством обусловлена многократная дискретность поступления флюидов для формирования кварцевых жил и рудной минерализации Березовского рудного района, которое протекало в интервале 314…285 млн лет [10] и 305…285 млн лет [11].

2. Дайковый комплекс Березовского месторождения и Шарташского гранитоидного массива однотипный, что позволяет считать их одновозрастными и родственными по образованию. В отличие от месторождения в гранитоидах, широко представлены аплиты и пегматиты. Формирование даек проходило, когда апикальная часть массива уже находилась в консолидированном состоянии, что подтверждается залеганием даек как в гранитах, так и во вмещающих породах. В условиях сжатия в широтном направлении и растяжения в меридиональном сформировался комплекс даек, представленный плагиосиенит-порфирами, плагиогранит-порфирами, лампрофирами, лейкократовыми гранитами, аплитами, пегматитами, кварцевами жилами. Дайки гранитоидов и кварцевые жилы сконцентрированы в консолидированной части массива над остывавшим магматическим очагом, в зоне резких температурных градиентов в трещинах скола и отрыва.

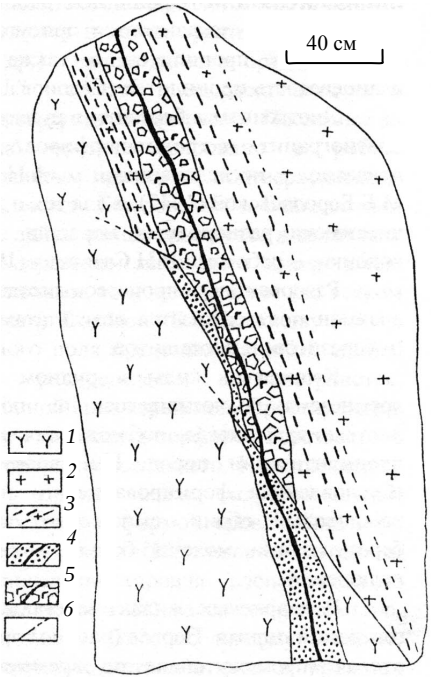


Рис. 2. Развитие гумбеитов (по адамеллитам) и березитов (по лампрофирам) около одной и той же кварцевой жилы, содержащей карбонат и части колонки по лампрофирам и калишпат в части колонки по адамеллиту. Зарисовка фрагмента южного борта Шарташского щебе-ночного карьера (Средний Урал) [11]: *1* – лампрофир; *2* – адамеллит; *3* – зона рассланцевания и обогащения биотитом; *4* – кварц-карбонатная жила с сульфидами с оторочкой березитов; *5* – то же, но кварц-карбонатного состава, сопряженная с гумбеитами; *6* – тектоническая трещина

3. По данным многих исследователей [8, 12, 13], становление Шарташского гранитного массива с сериями многочисленных даек породило мощный процесс минералообразования в широком интервале температур. Как в массиве, так и в дайках и во вмещающих породах наблюдаются продукты становления высокотемпературных формаций с последующим телескопированием среднетемпературных и низкотемпературных. Произошло интенсивное объемное метасоматическое преобразование в виде лиственитизации-березитизации даек гранитоидов [13]. Одновременно с березитизацией даек гранитоидов в эндо- и экзоконтакте кровли Шарташского массива по тектоническим трещинам прошли метасоматические процессы с образованием эйситов и гумбеитов (рис. 2) [8]. Всем этим процессам предшествовали импульсы тектонических подвижек [14].

Микроклинизация, высокотемпературное окварцевание и альбитизация в дайках гранитоидов мало заметны вследствие сильного развития грейзенизации и березитизации, затушевавших возле абсолютного большинства трещин предшествующие процессы. И лишь случайно уцелевшие редкие участки позволяют восстановить картину процессов [13].

4. Кварцевые жилы Березовского месторождения и Шарташского гранитоидного массива по своему строению и мощности, залеганию, минеральному составу являются схожими. Многочисленные кварцевые жилы с сульфидной минерализацией, описанные Р. С. Куруленко [3] в Шарташском гранитном карьере, соответствуют полосовым (лестничным) жилам месторождения; кварцевая жила, описанная О. А. Суставовым и Е. Н. Паршаковым [4], сопоставима с красичными жилами.

С. В. Прибавкиным [5, 6] на основании изучения минерального состава кварцевых жил Шарташского массива проведено их разделение на ранние и поздние по аналогии с типизацией кварцевых жил Березовского месторождения. Для кварцевых жил, вокруг которых развиты стандартные высокотемпературные гумбеиты доломит-микроклиновой фации, характерны следующие рудные минералы: пирит, шеелит, молибденит, пирротин, халькопирит, медно-висмутовые и серебро-висмутовые сульфосоли, висмутин, тетрадимит, айкинит, галенит [6]. В поздних кварцевых жилах, вокруг которых развиты гумбеиты фенгит-микроклиновой фации, рудная минерализация представлена пиритом, шеелитом, тетраэдритом, клейофаном, галенитом, бурнонитом, менегинитом, андоритом [6].

Кварцевые жилы шеелитовой и золотоносной формаций являются телами сложного генезиса, но сами кварцевые тела сформировались во время одной рудной стадии [15]. Изучение состава и строения сульфидно-кварцевых жил позволило выделить в них ряд последовательно образовавшихся минеральных ассоциаций, соответствующих определенным стадиям рудообразования: анкерит-кварцевую, пирит-кварцевую, полиметаллическую и карбонатную [16].

5. Неизмененные породы Шарташского массива отличаются повышенным средним содержанием золота (4,96…11,47 мг/т) по сравнению с кларком (4,5 мг/т) для кислых пород [3]. В шарташских гранитоидах в ряду крупно-средне-мелкозернистых адамеллитов максимальное содержание золота наблюдается в первой интрузивной фазе. В интрузивных комплексах содержание золота, как правило, нарастает в дайковых дифференциатах. Наличие высоких концентраций золота, приуроченность их к контактовым тектоническим зонам и метасоматически измененным породам с высокой степенью неоднородности распределения этого элемента, а также высокое среднее содержание золота в породах позволяют считать Шарташский массив специализированным на золото и подтверждают гипотезу о связи Березовского месторождения с этим массивом [3]. Прямая пропорциональная связь между степенью хлороносности и золотоносности в гранитоидах третьего дайково-интрузивного комплекса и в постмагматический этап березитизации и сульфидно-кварцевого оруденения, наиболее интенсивно проявленный в этом комплексе, свидетельствует о значительной роли хлора в создании металлогенической специализации гранитоидов на заключительной стадии формирования массива [3].

6. О. В. Белавин и др. [1] сделали вывод о прямой связи гидротермальной минерализации Березовского рудного поля с мощностью и формой кровли Большого Шарташского массива гранитоидов. Это подтверждается вертикальной зональностью околорудных метасоматитов в пределах Березовского рудного поля, а также зональностью продуктивных рудных минеральных ассоциаций. Шеелитсодержащие кварцевые жилы окаймляют Шарташский массив адамеллитов и полого погружаются под Березовское месторождение. Их околорудными метасоматитами являются эйситы и гумбеиты. По мере удаления от этого массива на север или в породы кровли (по вертикали) названные жилы сменяются более низкотемпературными их разностями с сульфидами. Продуктивность последних возрастает по мере продвижения на север [9, 10]. Отмеченная рудная и метасоматическая зональность является продуктом зонально построенного температурного поля, наведенного Шарташской гранитной интрузией. Характерно, что вольфрамоносные жилы встречаются только в южной части месторождения, где образуют зону, прилегающую с севера к Шарташскому гранитному массиву.

В отличие от них, жилы сульфидно-кварцевого состава встречаются в пределах всей площади месторождения и даже в пределах Шарташского гранитного массива [16].

Изложенные ранее данные по взаимоотношениям шарташских адамеллитов, даек гранитоид-порфиров, кварцевых жил и сопровождающих их метасоматитов, а также геохимическим особенностям рудообразующего флюида позволили разработать геохимическую модель Березовского месторождения (рис. 3) [8].

7. На Березовском золоторудном месторождении и площади Шарташского массива адамеллитов располагаются однотипные геологические образования, имеющие прямое отношение к формированию шеелитовой, золотой и сульфидной минерализаций. Сопоставление дайкового комплекса, метасоматитов, рудных жил Шарташского массива гранитоидов с аналогичными образованиями Березовского месторождения свидетельствует об их тождественности, что позволяет считать эти две площади единым рудным полем.

Редкость лестничных жил в дайках, аналогичных по составу березовским дайкам и залегающих в Шарташском гранитном массиве, обусловлена различием геолого-структурных позиций Березовского рудного поля и даек Шарташского массива.

Две меридиональные свиты даек Березовского рудного поля возникли в обстановке широтного растяжения и меридионального сжатия в приподнятых блоках грабена, зафиксированных выступами Шарташского массива. Отмечено практическое их отсутствие в пределах опущенного блока (рис. 1). В этих блоках возникли разломы меридионального простирания, в которые внедрилась магма, давшая дайки гранит-гранодиоритовой формации, но условия приоткрывания разломов в огромном и прочном Шарташском гранитном массиве, размещающемся в ядре брахиантиклинали, сложенной вулканогенно-осадочным комплексом пород, были разные. Шарташский массив как плутон реагировал на деформации иначе, чем его обрамление. В нем не возникла «правильная и регулярная» система даек в приподнятых блоках грабена, испытывающих приоткрывание разломов в результате гравитационного разваливания блоков из-за наличия опущенного и зажатого между ними блока, как во вмещающем массив вулканогенно-осадочном комплексе. Трещины образовывались, но они были разнонаправленные, а не только «регулярные» «березовские». Мощность всех даек в Шарташском массиве не превышает сантиметров и первых метров. Образование лестничных кварцево-сульфидных жил в дайках Березовского рудного поля и их практическое отсутствие в дайках Шарташского массива также объясняется генезисом и условиями деформаций. После внедрения даек и залечивания разломов рудное поле реагировало на региональное широтное сжатие не локальным растяжением в своде, а как монолит, когда локальный и региональный планы деформаций, широтное сжатие и меридиональное растяжение совпали. Остывание даек происходило именно при таком плане деформаций. Оно сопровождалось контракцией, которая проявлялась преимущественно в продольном направлении, так как длина даек 8…10 км, а мощность всего 8…10 м. Этому способствовал и план деформаций – широтное сжатие и меридиональное растяжение. Контракция и деформации вызвали образование в дайках, более хрупких, чем вмещающие породы, крутопадающих, поперечных к простиранию даек трещин, их приоткрывание и проникновение в открытые полости растворов образования кварцево-сульфидных жил, получивших название лестничных. Влияние плана деформаций подтверждается наличием редких свит широтных крутопадающих красичных жил, залегающих в вулканогенно-осадочном комплексе, вмещающем дайки, к которому контракция никакого отношения не имеет. Отсутствие пологих контракционных трещин в дайках можно объяснить гравитацией, противодействующей контракции и направленной по падению даек [14].

8. Согласно утверждению П. П. Желобова [18] и мнению Г. Н. Кузовкова [19], «золотое оруденение Березовского «куста» пространственно связано с базит-гипербазитами Пышминско-Березовского массива, но максималь-

но проявлено на участке его пересечения с Березовским дайковым комплексом. Источником золота в Березовском месторождении являются не гранитоиды, а гипербазиты, из которых металл экстрагируется и концентрируется на участках проявления кремнекислых пород, давая парагенезисы с кварцем».

Действительно, для Березовского место-

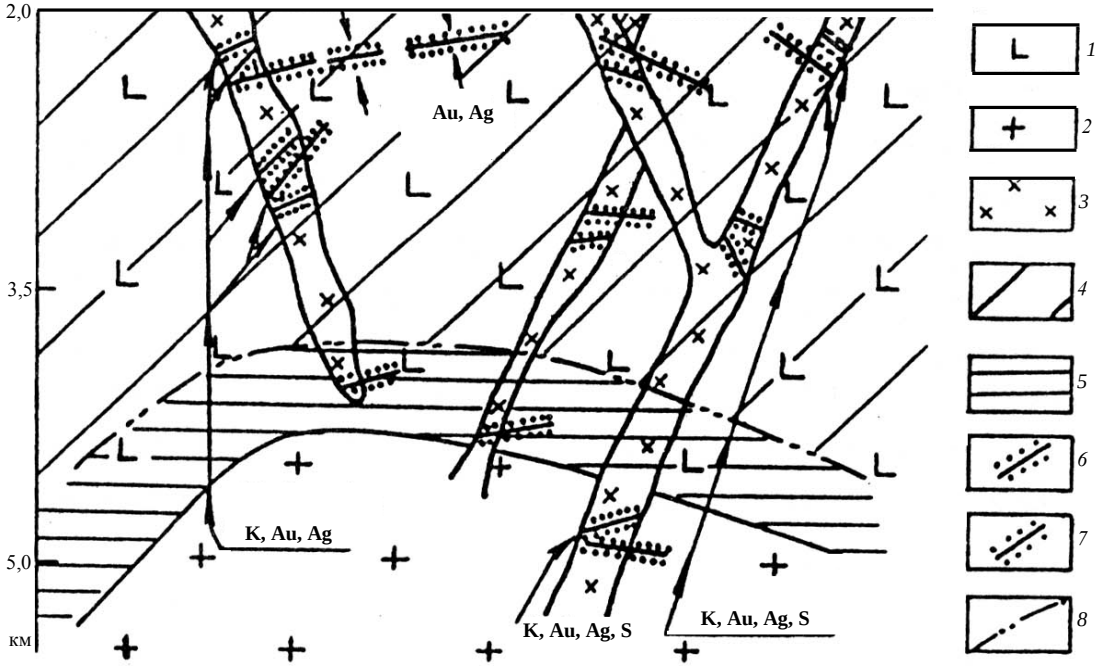


Рис. 3. Модель геолого-геохимической системы Березовского рудного поля [7]:
1 – породы кровли и *2* – адамеллиты Шарташского массива; *3* – дайки гранитоид-порфиров; фации метаморфизма: *4* – зеленосланцевая и *5* – амфиболитовая; *6* – золотоносные кварцевые жилы с ореолами березитов и лиственитов; *7* – шеелитсодержащие кварцевые жилы с ореолами гумбеитов и эйситов; *8* – граница, разделяющая площади развития золотоносных и шеелитсодержащих кварцевых жил

рождения характерно нахождение золота во всех сульфидах, содержание которых в перспективных кварцевых жилах достигает весомых величин. По нашему мнению, это может свидетельствовать об экстрагировании части рудного материала из гипербазитов, имеющих широкое распространение на площади рудного поля. Тем не менее основная роль в переносе, перераспределении и аккумуляции рудных элементов принадлежит дегазации магмы, сформировавшей Шарташский адамеллитовый массив. Механизм такого воздействия рассмотрен Ф. Г. Рейфом на примере месторождений вольфрама и молибдена, но он вполне применим для объяснения образования вольфрамовой и золотой минерализаций Березовского месторождения: «В результате исследования гранитных интрузий Забайкалья и Центрального Казахстана и связанных с частью из них месторождений вольфрама и молибдена установлено, что интрузии, сопровождаемые оруденением, в отличие от ординарных начинают отделять флюид уже на ранних стадиях кристаллизации; что солевой состав магматических флюидов отчетливо наследуется гидротермальными растворами, формировавшими месторождения; что содержание рудообразующих элементов в магматическом флюиде сопоставимо с их концентрацией в гидротермальных растворах на стадии рудоотложения и достигает нескольких процентов» [17].

Установлено, что кристаллизация мезо- и гипабиссальных гранитных интрузий чаще всего начинается при 830…790° С. Начальная стадия кристаллизации характеризуется отсутствием свободной флюидной фазы, общее давление при этом определяется в основном литостатической нагрузкой и на глубине 4…7 км составляет 110…190 МПа. Однако сопутствующие флюидные включения, захваченные при $T < 700°$ С в процессе ретроградного кипения кристаллизующихся приконтактовых зон интрузивных тел, характеризуются высокой плотностью, соответствующей дав-

лению 300…400 МПа, что свидетельствует о субизохорическом характере процесса в этот период. Для глубинных частей интрузии с высоким водосодержанием характерно появление свободной флюидной фазы при $T > 700^{o}$ С и $P > 200$ МПа. Такое неравновесное флюидоотделение проявляется при явном преобладании расплава над кристаллами.

Для генерации магмой высококонцентрированных в отношении вольфрама растворов необходимы условия, при которых из расплава выделялась бы только незначительная часть растворенной в нем воды. Наибольшие возможности для реализации таких условий представляются при неравновесном вскипании магмы, что характерно именно для интрузий с высоким исходным водосодержанием. В развитие вышесказанного можно указать на неизбежность проявления некоторых особенностей формирования магматогенных гидротермальных систем.

Поскольку субизохорическая кристаллизация приконтактовых зон интрузии приводит к почти полному удалению из расплава растворенной в ней воды, концентрация металлов во флюидной фазе должна быть низкой, особенно при высоком исходном водосодержании расплава. Такой флюид создает в камере высокое давление, вызывая ее разгерметизацию, заполняет возникшие трещины в начальный период их существования и вызывает наиболее ранние изменения прилегающих пород. Однако эта ранняя порция флюида, очевидно, играет в основном роль гидравлического клина и не приводит к значительной рудной минерализации хотя бы потому, что из малой мощности кристаллизующихся приконтактовых зон ресурсы металлов, перешедших в раствор, невелики.

Неравновесное флюидоотделение начинается только после ухода раннего флюида из системы и охватывает слой расплава, многократно превышающий по мощности приконтактовую зону полной кристаллизации, а потому обладающий гораздо большими ресурсами металлов. Выход из расплава продуктов неравновесного вскипания – процесс длительный. Поэтому после быстрого заполнения трещинных структур ранним флюидом в образовавшуюся гидротермальную систему еще долгое время продолжают поступать поздние растворы с высокой концентрацией металлов. Поздний флюид заполняет также трещины в уже консолидировавшихся частях интрузии и скапливается на отдельных участках контакта расплава с закристаллизовавшимися краевыми зонами, образуя залежи рудоносных грейзенов. Можно предположить, что известные на месторождениях так называемые предрудные метасоматиты формируются в основном флюидами, выделившимися при ретроградном кипении, тогда как в образовании богатого оруденения ведущую роль, скорее, играют поздние растворы [17].

Исследования проводились при частичной поддержке госбюджетной темы 5.4667.2011 (Г-3, УГГУ), руководитель профессор В. Н. Огородников.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Белавин О. В., Вагшаль Д. С., Ниренштейн В. А. Шарташский гранитный массив (Средний Урал) и связь с ним золотого оруденения // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1970. № 6. С. 86–90.
2. Куруленко Р. С. История формирования гранитоидов Шарташского массива // Ежегодник-1976. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1976. С. 39–41.
3. Куруленко Р. С. Кварцево-сульфидные жилы в Шарташском адамеллитовом массиве на Среднем Урале // Ежегодник-1981. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1982. С. 95–96.
4. Суставов О. А., Паршаков Е. Н. Крупная кварцевая жила в восточной части Шарташского гранитного массива // Материалы Уральской летней минералогической школы. Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 1998. С. 49–51.
5. Суставов О. А. Околожильные фенгитовые гумбеиты центральной части Шарташского гранитного массива: детали строения метасоматических колонок // Изв. УГГУ. 2013. Вып. 3. С. 18–23.
6. Минералогия сульфидно-кварцевых жил Шарташского массива / С. В. Прибавкин [и др.] // Материалы Уральской летней минералогической школы. Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 1996. С. 46–55.
7. Прибавкин С. В., Середкин М. В., Кононкова Н. Н. Минералогия ранних кварцевых жил Шарташского массива, Средний Урал // Материалы Уральской летней минералогической школы. Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 1997. С. 198–203.
8. Месторождения золота Урала / В. Н. Сазонов [и др.]. Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 2001. 622 с.
9. Магматический контроль гидротермального золотого оруденения на Урале / Г. Б. Ферштатер [и др.] // Эндогенное оруденение в подвижных поясах. Екатеринбург: Ин-т геологии и геофизики УрО РАН, 2007. С. 181–184.
10. Rb–Sr возраст пород Шарташского интрузива и дайкового комплекса / Д. С. Штейнберг [и др.] // Ежегодник-1988. Свердловск: Ин-т геологии и геофизики УрО РАН, 1989. С. 110–112.

11. U–Pb возраст пород и оруденения Березовского золоторудного месторождения (Средний Урал) / С. В. Прибавкин [и др.] // Ежегодник-2011. Екатеринбург: Ин-т геологии и геофизики УрО РАН, 2012. Вып. 159. С. 211–217.
12. Бородаевский Н. И., Бородаевская М. Б. Березовское рудное поле. М.: Металлургиздат, 1947. 264 с.
13. Попов В. А. Кварц Березовского золоторудного месторождения на Урале / /Минералогические исследования гидротермалитов Урала. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1980. С. 3–10.
14. Бабенко В. В. О рудоконтролирующих деформациях Березовского месторождения // Изв. вузов. Горный журнал. 1975. № 10. С. 3–8.
15. Поленов Ю. А., Огородников В. Н., Бабенко В. В. Кварцевые жилы Березовского золоторудного месторождения – классические объекты полихронного и полигенного генезиса // Металлогения древних и современных океанов-2012. Гидротермальные поля и руды. Миасс: Ин-т минералогии УрО РАН, 2012. С. 24–28.
16. О зональности Березовского золоторудного месторождения на Среднем Урале / И. Т. Самарцев [и др.] // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1970. № 6. С. 86–90.
17. Рейф Ф. Г. Рудообразующий потенциал гранитов и условия его реализации. М.: Наука, 1990. 181 с.
18. Желобов П. П. Роль гипербазитов в локализации красичных жил на Березовском рудном поле // Проблемы образования рудных столбов: материалы симпозиума. Новосибирск: Наука, 1972. С. 199–210.
19. Кузовков Г. Н., Двоеглазов Д. А. Об астенолитовой модели Среднего Урала и строении Шарташской золоторудной вихревой структуры // Руды и металлы. 2002. № 4. С. 63–72.

Поступила в редакцию 15 октября 2013 г.

Поленов Юрий Алексеевич – доктор геолого-минералогичсеких наук, профессор кафедры геологии. 620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30, Уральский государственный горный университет. E-mail: polenov_yu@mail.ru

Огородников Виталий Николаевич – доктор геолого-минералогичсеких наук, профессор кафедры геологии. 620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30, Уральский государственный горный университет.

Бабенко Владимир Витальевич – доктор геолого-минералогических наук, профессор кафедры геологии. 620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30, Уральский государственный горный университет.

УДК 553.24: 549.514.51

КРУПНАЯ КВАРЦЕВАЯ ЖИЛА В ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ШАРТАШСКОГО ГРАНИТНОГО МАССИВА: МЕТАСОМАТИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ВМЕЩАЮЩИХ ПОРОД И ИНФРАКРАСНЫЕ СПЕКТРЫ КРИСТАЛЛОВ КВАРЦА

О. А. Суставов

Рассматривается кварцевая жила, залегающая вдоль контакта между гранитами и дайкой лампрофиров и несущая минерализацию, сходную (хотя и относительно слабо проявленную) с присутствующей в золотоносных жилах Березовского месторождения. Лампрофиры в контакте с кварцевой жилой подверглись метасоматическим изменениям, подобным происходящим во фронтальных частях околожильных оторочек фенгитовых гумбеитов вокруг залегающих в гранитах сульфидно-кварцевых жил центральной части Шарташского массива. Граниты (и гранит-порфиры) в контактах кварцевых прожилков вблизи жилы местами подвержены метасоматическим изменениям, характеризующимся резким увеличением количества микроклина, вплоть до образования метасоматитов микроклин-кварцевого состава.

В жиле содержатся кристаллы кварца, на инфракрасных спектрах которых OH (Li)-полоса поглощения 3485 см$^{-1}$ отсутствует или очень слабая (радиационный дымчатый кварц), и кристаллы, у которых эта полоса достаточно интенсивна – приближается по интенсивности к присутствующей у всех изученных кристаллов OH (Al)-полосе поглощения 3380 см$^{-1}$ (радиационный цитриновый кварц).

Ключевые слова: Шарташский массив; кварцевые жилы; метасоматические изменения; кристаллы кварца; инфракрасные спектры.

В восточной части Шарташского гранитного массива, располагающегося на юго-западной окраине Березовского золоторудного поля (геологическое строение массива рассмотрено в работе [1]), имеется крупная кварцевая жила с золото-сульфидной минерализацией, сходной (хотя и относительно слабо проявленной) с наблюдающейся в золото-сульфидно-кварцевых жилах Березовского золоторудного месторождения [2, 3]. В статье приводятся некоторые сведения о метасоматических изменениях в контактах данной жилы. Эти сведения дополняют данные о характере метасоматических изменений в пределах Шарташского массива, которые, в частности, могут быть использованы для понимания гидротермальной системы Березовского рудного поля в целом.

Рассматриваемая кварцевая жила содержит многочисленные кристаллы кварца [2]. Одним из методов изучения последних является инфракрасная спектроскопия, позволяющая определять присутствие ряда примесей в кристаллической решетке данного минерала [4, 5]. В статье приводятся инфракрасные спектры кристаллов кварца рассматриваемой жилы, и производится их сопоставление с инфракрасными спектрами некоторых кристаллов кварца Березовского золоторудного месторождения.

Приводимые материалы основаны на изучении 20 штуфов и 75 шлифов горных пород, 30 шлифов кварца из жилы и кварцевых прожилков, а также 11 полированных с двух сторон пластинок, вырезанных из кристаллов кварца, отобранных из рассматриваемой кварцевой жилы и на Березовском месторождении. Для более четкого выявления калиевого полевого шпата использовалось окрашивание штуфов и шлифов кобальт-нитритом. Количественно-минералогические подсчеты в породах производились в штуфах планиметрическим методом и в шлифах на интеграционном столике Андина.

Изучаемая кварцевая жила находится в 6 км к востоку от г. Екатеринбурга, у дороги Екатеринбург–Ново-Свердловская ТЭЦ (0,4 км к западу от автобусной остановки Сады). Мощность жилы до 1 м, длина по простиранию более 175 м. Она имеет северо-восточное простирание и падение на юго-восток под 80° [2].

Метасоматические изменения вмещающих пород. В месте нахождения данной кварцевой жилы среднезернистые граниты Шарташского массива пересечены дайкой гранит-порфиров северо-западного простирания (падение на северо-восток под 70–80°, мощность до 10 м) и дайкой лампрофиров северо-восточного простирания (падение на юго-восток под 80°, мощность до 4 м). Кварцевая жила идет вдоль контакта между гра-

нитами и лампрофирами [2].

Лампрофиры (40–45 % плагиоклаза, 15–20 % микроклина, 10–15 % кварца, 30 % амфибола и биотита) в контактах с кварцевой жилой изменены: биотит, амфибол и отчасти плагиоклаз замещаются мусковитом, при этом количество микроклина возрастает на 3–4 % по сравнению с неизмененными породами (подсчеты Н. С. Тумановой на интеграционном столике Андина в двух шлифах). Так как изученные образцы пород взяты из зоны выветривания и в них присутствует лимонит, то не исключено, что измененные лампрофиры (как и другие рассматриваемые ниже метасоматически измененные породы) могли содержать некоторое количество карбоната. Отмеченные изменения лампрофиров сходны с метасоматическими изменениями, происходящими во фронтальных частях околожильных оторочек фенгитовых гумбеитов вокруг залегающих в гранитах сульфидно-кварцевых жил центральной части Шарташского гранитного массива (Шарташский щебеночный карьер) [6–8]. Возрастанию количества микроклина в измененных лампрофирах соответствует присутствие микроклина в кварцевой жиле, а также в кварцевых прожилках среди измененных лампрофиров.

Граниты и гранит-порфиры (в неизмененных гранитах 50 % олигоклаз-андезина, 25 % микроклина, 22 % кварца, 3 % биотита – определено Е. Н. Паршаковым планиметрическим методом в окрашенном штуфе) вблизи от кварцевой жилы также местами подвержены метасоматическим изменениям. Последние наблюдались нами не непосредственно в контактах основной кварцевой жилы (контакт метасоматически измененных гранитов и гранит-порфиров с основной кварцевой жилой был недоступен для наблюдения), а в участках развития кварцевых прожилков мощностью до 2–3 см вблизи от основной кварцевой жилы. Окрашивание кобальт-нитритом штуфов измененных гранитов и гранит-порфиров, пересеченных данными кварцевыми прожилками, показывает резкое увеличение количества микроклина в измененных породах по сравнению с исходными породами. В отличие от фенгитовых гумбеитов, слагающих метасоматические оторочки вокруг сульфидно-кварцевых жил центральной части Шарташского гранитного массива, в которых количество микроклина по сравнению с исходными гранитами обычно возрастает на единицы процентов [6–8], в данном случае количество микроклина в прилегающих к кварцевым прожилкам измененных гранитах и гранит-порфирах возрастает по сравнению с исходными породами на десятки процентов.

В гумбеитовых оторочках вокруг сульфидно-кварцевых жил центральной части Шарташского массива в качестве первого проявления околожильных метасоматических изменений обычно отмечается замещение биотита мусковитом [6, 7]. Связанный с гумбеитизацией микроклин появляется в этих оторочках по мере дальнейшего усиления метасоматических изменений с приближением к жилам. Вблизи рассматриваемой кварцевой жилы во внешних зонах метасоматических изменений вокруг кварцевых прожилков также отмечается замещение биотита мусковитом (более крупночешуйчатым, чем в гумбеитовых оторочках в центральной части Шарташского массива), но здесь развитие метасоматического микроклина нередко начинается, как показывает окрашивание шлифов кобальт-нитритом, еще до мусковитизации биотита.

После мусковитизации биотита развитие в измененных породах метасоматического микроклина (замещающего главным образом плагиоклаз) по мере приближения к кварцевым прожилкам усиливается; плагиоклаз при этом начинается одновременно замещаться микроклином и мусковитом. Это замещение сначала происходит в центральных частях зерен плагиоклаза, а затем распространяется на весь объем этих зерен; при полном замещении плагиоклаза микроклином и мусковитом образуется метасоматит, состоящий из микроклина, мусковита и кварца.

В ходе дальнейшего усиления метасоматических изменений с приближением к кварцевым прожилкам микроклин начинает замещать мусковит, приводя к исчезновению последнего. После этого микроклин иногда начинает замещать и кварц – возникает порода, состоящая лишь из микроклина и некоторого количества кварца.

Данная последовательность изменений гранитов и гранит-порфиров может быть представлена следующей метасоматической колонкой:

Микроклин, кварц, плагиоклаз, биотит
Микроклин, кварц, плагиоклаз, мусковит
Микроклин, кварц, мусковит
Микроклин, кварц
Микроклин

Указанный «обычный» порядок расположения зон метасоматической колонки иногда несколько изменяется – замещение мусковита микроклином иногда происходит раньше полной мусковитизации плагиоклаза, так что в процессе метасоматических изменений образуется зона, состоящая из микроклина, реликтов плагиоклаза (преимущественно не подвергшихся мусковитизации наружных кайм кристаллов плагиоклаза) и кварца. То есть в этом случае мы имеем следующую последовательность зон метасоматической колонки:

Микроклин, кварц, плагиоклаз, биотит
Микроклин, кварц, плагиоклаз, мусковит
Микроклин, кварц, плагиоклаз

В метасоматических колонках с «обычным» расположением зон иногда во внутренней зоне (после исчезновения мусковита) у контактов кварцевых прожилков появляется плагиоклаз, замещающий микроклин (то же отмечается в метасоматических оторочках фенгитовых гумбеитов в центральной части Шарташского массива [8]). Новообразованный плагиоклаз образует отдельные зерна, иногда содержащие реликты микроклина, тонкие каемки на кристаллах микроклина, мелкие ситовые порфиробласты неправильной формы в основной массе измененных гранит-порфиров.

Кварцевые прожилки, залегающие в охарактеризованных ранее метасоматически измененных гранитах и гранит-порфирах, кроме кварца в том или ином количестве обычно содержат микроклин, а также иногда плагиоклаз (в случае присутствия последнего во вмещающих метасоматитах). В отличие от сульфидно-кварцевых жил Шарташского карьера [8], окруженных каймами фенгитовых гумбеитов, для данных прожилков характерно значительно большее количество микроклина, а также почти полное отсутствие мусковита (и карбоната); это соответствует аналогичным отличиям рассмотренных метасоматитов, вмещающих кварцевые прожилки, от фенгитовых гумбеитов Шарташского карьера.

Инфракрасные спектры кристаллов кварца. Рассматриваемая жила сложена замутненным флюидными включениями гигантозернистым деформированным кварцем с размером индивидов до 30 см в поперечнике (кварц-1). Заметной преимущественной ориентировки с-осей индивидов в агрегате жильного кварца не отмечается.

Кроме присутствующего в жиле микроклина, в виде отдельных гнезд и по трещинам в кварце наблюдаются галенит и тетраэдрит; последний образует крупные выделения с примесью пирита и тонкозернистые срастания с галенитом. Галенит замещает пирит. Реже встречаются также серицит и сфалерит (клейофан). В жиле присутствует самородное золото с пробностью 752–940 [3]; в [3] отмечается, что данная жила «по минеральным ассоциациям, морфологическим особенностям самородного золота и его пробности сопоставима с поздней золотопродуктивной минерализацией других участков Березовского рудного поля».

С приближением к выделениям сульфидов замутненный флюидными включениями кварц-1 нередко сменяется прозрачным (содержащим значительно меньше флюидных включений) кварцем-2, который, по-видимому, отлагался вместе с сульфидами после образования основного кварца-1. В кварце-1 наблюдаются прожилки прозрачного кварца-2 с галенитом, а также прожилки кварца-2 с кристаллами горного хрусталя. Внутри некоторых кристаллов кварца имеются взвешенные мелкие ограненные кристаллики тетраэдрита, галенита (кубы, кубооктаэдры), пирита (пентагон-додекаэдры, кубы, октаэдры и их комбинации) и сростки этих кристалликов (данные Е. Н. Паршакова).

В изучаемой жиле присутствуют как дымчатые, так и бесцветные кристаллы горного хрусталя (при разработке жилы в ней было встречено гнездо размером более 1 м, в котором находились дымчатые кристаллы горного хрусталя длиной до 0,5 м). Иногда в кристаллах наблюдается чередование темно-дымчатых и бесцветных зон роста по ромбоэдру. Габитус кристаллов преимущественно гексагонально-призматический. Изредка наблюдаются грани тригональной дипирамиды и тригонального трапецоэдра.

Кристаллы кварца содержат беспорядочно разбросанные первичные трехфазовые флюидные включения с жидкой углекислотой. Вторичные флюидные включения вдоль залеченных трещин, нередко двухфазовые,

образовались из растворов, не содержащих значительного количества CO_2.

Инфракрасные (ИК) спектры кристаллов кварца изучались в двусторонне полированных пластинках толщиной 1,4–1,8 мм, вырезанных перпендикулярно или параллельно оси с из бесцветных и дымчатых (со слабой дымчатой окраской) кристаллов кварца (образцы из жилы отбирались Е. Н. Паршаковым). Для сравнения были сняты также ИК-спектры кристаллов кварца из золото-сульфидно-кварцевых жил Березовского золоторудного месторождения (образцы из коллекции Б. В. Чеснокова, отобранные из подземных горных выработок, в том числе из шахты «Южная» – дайка Соймановская,

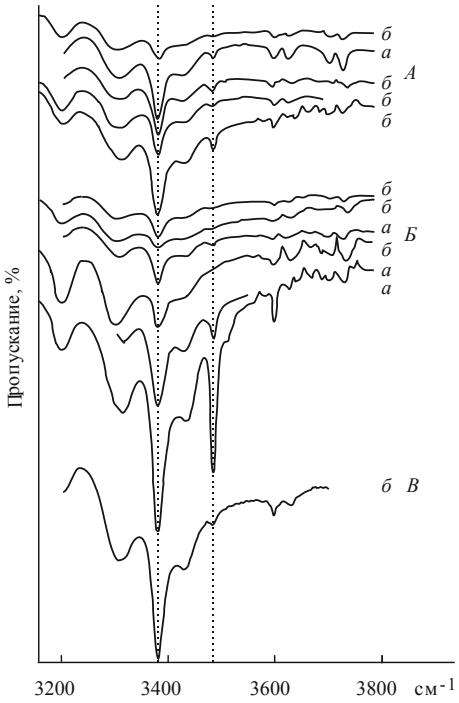


Рис. 1. Инфракрасные спектры кварца (*а* – бесцветного, *б* – с природной дымчатой окраской):
А – кристаллы из Березовского месторождения, *Б* – кристаллы из данной кварцевой жилы, *В* – жильный кварц из сульфидно-кварцевой жилы Шарташского карьера; пунктир – полосы 3380 и 3485 см$^{-1}$

горизонт 162 м). Кроме того, был снят ИК-спектр дымчатого стекловидного жильного кварца из охарактеризованной в статье [9] сульфидно-кварцевой жилы, залегающей в гранитах Шарташского щебеночного карьера (центральная часть Шарташского массива) и окруженной метасоматическими каймами фенгитовых гумбеитов.

Измерения инфракрасных спектров проводились в Лаборатории физических и химических методов исследования Института геологии и геохимии УрО РАН на ИК Фурье-спектрометре «Spectrum One» фирмы «Perkin Elmer» (при комнатной температуре); спектры снимались Е. С. Шагаловым и Т. Ю. Веретенниковой.

На всех снятых спектрах (рис. 1) наблюдается четко выраженная OH (Al)-полоса поглощения 3380 см$^{-1}$. Согласно [4], она соответствует наличию групп OH^- в кремнекислородных тетраэдрах, ионы Si^{4+} которых замещены ионами Al^{3+}. Кроме того, на ряде спектров имеется в той или иной степени выраженная OH (Li)-полоса поглощения 3485 см$^{-1}$, которая связана с колебаниями групп OH^-, возмущенных межузловыми ионами Li^+.

Кроме того, на спектрах отмечается также поглощение, связанное с собственными колебаниями кварца (3200, 3300 см$^{-1}$) и незначительные OH (K)-полосы [4] в области 3590 см$^{-1}$. Отмечаемое у ряда проб малоинтенсивное поглощение в интервале 3600–3700 см$^{-1}$ может служить, по [4], признаком присутствия в кварце фтористоводородных комплексов.

Изученные кристаллы кварца данной жилы можно разделить на кристаллы (бесцветные или имеющие природную дымчатую окраску), у которых OH (Li)-полоса 3485 см$^{-1}$ отсутствует или очень слабая, и кристаллы (бесцветные), у которых эта полоса проявлена достаточно интенсивно и иногда приближается по интенсивности к OH (Al)-полосе 3380 см$^{-1}$ (см. рис. 1, Б). Известно, что кристаллы кварца, имеющие на ИК-спектрах лишь OH (Al)-полосы, обычно представляют собой радиационные (приобретающие окраску при облучении) дымчатые кристаллы, а достаточно интенсивно проявленные OH (Li)-полосы свойственны радиационному цитриновому кварцу [4, 5]. Согласно [5], радиационный цитриновый кварц кристаллизуется при несколько более низких температурах, чем радиационный дымчатый кварц, из растворов с более высокими концентрациями алюминия и лития.

В имеющейся выборке кристаллов кварца из Березовского золоторудного месторождения OH 9Li)-полоса во всех случаях отсутствует или очень слабая (см. рис. 1, *А*). Дымчатый жильный кварц из сульфидно-кварцевой жилы Шарташского карьера также

характеризуется очень слабой полосой 3485 см$^{-1}$ (см. рис. 1, *В*). Отсутствие этой полосы в исследованных кристаллах из Березовского месторождения, возможно, обусловлено тем, что изучались главным образом кристаллы с природной дымчатой окраской. Так что не исключено, что при дальнейших исследованиях кристаллы кварца (особенно бесцветные) с OH (Li)-полосами на инфракрасных спектрах будут, как и в данной жиле, обнаружены и на Березовском месторождении.

В заключение можно сделать следующие выводы:

1. Рассматриваемая кварцевая жила из восточной части Шарташского массива содержит золото-сульфидную минерализацию, сходную (хотя и относительно слабо проявленную) с присутствующей в золото-сульфидно-кварцевых жилах Березовского золоторудного месторождения.

2. Лампрофиры в контакте с кварцевой жилой подверглись метасоматическим изменениям, подобным происходящим во фронтальных частях околожильных оторочек фенгитовых гумбеитов вокруг залегающих в гранитах сульфидно-кварцевых жил центральной части Шарташского массива. Граниты и гранит-порфиры местами подвержены вблизи жилы метасоматическим изменениям, характеризующимся резким увеличением количества микроклина, вплоть до образования метасоматитов микроклин-кварцевого состава.

3. В жиле содержатся кристаллы кварца, на инфракрасных спектрах которых OH (Li)-полоса поглощения 3485 см$^{-1}$ отсутствует или очень слабая (радиационный дымчатый кварц), и кристаллы, у которых эта полоса достаточно интенсивна – приближается по интенсивности к присутствующей у всех изученных кристаллов OH (Al)-полосе поглощения 3380 см-1 (радиационный цитриновый кварц).

Автор благодарит Е. С. Шагалова (Институт геологии и геохимии УрО РАН) и Т. Ю. Веретенникову (УГГУ) за съемку ИК-спектров.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Прибавкин С. В., Вотяков С. Л. Амазонитсодержащие пегматиты Шарташского массива (Средний Урал): минералогия, петрогенезис // Записки Российск. минерал. об-ва. 2004. № 4. С. 10–20.
2. Суставов О. А., Паршаков Е. Н. Крупная кварцевая жила в восточной части Шарташского гранитного массива // Матер-лы Урал. летней минералог. школы-98. Екатеринбург: Изд. УГГГА, 1998. С. 49–51.
3. Минеральные ассоциации и типоморфные особенности самородного золота зоны гипергенеза Березовского рудного поля / Г. П. Дворник [и др.] // Вестник Урал. отд. Российск. минералог. об-ва. 2002. № 1. С. 16–22.
4. Павлишин В. И. Типоморфизм кварца, слюд и полевых шпатов в эндогенных образованиях. Киев: Наук. думка, 1983. 232 с.
5. Примесный состав и метрика решетки кристаллов кварца гидротермальных жил Урала / М. А. Кузьмина [и др.] // Записки Российск. минерал. об-ва. 1996. № 2. С. 79–88.
6. Грабежев А. И. Особенности березитизации гранитоидов Шарташского массива на Среднем Урале // Труды Ин-та геологии и геохимии УФАН СССР. 1970. Вып. 86. С. 10–14.
7. Гумбеитовая формация Урала / Э. М. Спиридонов [и др.]. М.: МГУ, 1997. 100 с.
8. Суставов О. А. Околожильные фенгитовые гумбеиты центральной части Шарташского гранитного массива: детали строения метасоматических колонок // Изв. УГГУ. 2013. № 3(30). С. 18–23.
9. Суставов О. А., Шамуратова Н. С. Полосчатая текстура сульфидно-кварцевого прожилка из центральной части Шарташского гранитного массива // Изв. УГГГА. 2000. № 10. С. 82–84.

Поступила в редакцию 17 октября 2013 г.

Суставов Олег Анатольевич – кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры минералогии и петрографии. 620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30, Уральский государственный горный университет. E-mail: olsustavov@mail.ru

УДК 502.51:502.175 (470.51)

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ПРИРОДНЫХ ВОД В УСЛОВИЯХ ДЛИТЕЛЬНОЙ НЕФТЕДОБЫЧИ

М. Б. Полозов

Рассмотрены пространственные и временные аспекты химического состава подземных вод в условиях длительного антропогенного воздействия в форме добычи нефтяного сырья. Анализируются особенности межгодовой динамики ионного состава подземных вод.

Ключевые слова: нефтедобыча; нефтяное месторождение; природные воды; химический состав; ионный состав; факторы; динамика качества природных вод.

Удмуртская Республика является одним из старейших нефтедобывающих регионов в Западном Предуралье. К настоящему времени на территории Удмуртской Республики насчитывается более ста месторождений нефти [1].

В результате деятельности нефтепромыслового производства происходит химическое загрязнение природной среды. Непосредственно нефтяное загрязнение на месторождении происходит в результате аварийных разливов, утечек из-за негерметичности фланцевых соединений и сальников, вторичного загрязнения почв в результате миграции подвижных углеводородов с загрязненных участков, выпадения атмосферных осадков, содержащих углеводороды в результате испарения с нефтезагрязненной поверхности и из резервуаров через дыхательные клапаны. Кроме этого, в процессе обслуживания месторождения происходит загрязнение окружающей среды и другими химическими веществами: продуктами сгорания попутного нефтяного газа, выбросами автотранспорта, выбросами котельной, замусоривание территории бытовым мусором [2].

Цель данной работы заключалась в исследовании особенностей пространственной и временной изменчивости химического состава природных вод на территории одного из старейших нефтяных месторождений центральной части Удмуртской Республики, которое находится в стадии падающей добычи.

Контроль качества поверхностных вод осуществляется в нескольких артезианских скважинах в контуре и за контуром разрабатываемых месторождений.

Повсеместно распространены подземные воды нижнеуржумских отложений.

Казанский водоносный комплекс на изучаемой территории имеет мощность 74…104 м. Водоносные породы представлены песчаниками, реже конгломератами, известняками. Наиболее водообильны песчаники [3].

Анализ результатов лабораторных исследований по 279 водопунктам (родникам, колодцам, эксплуатационным водозаборным и наблюдательным скважинам) показал, что большая часть загрязняющих веществ локализуется в первом от поверхности водоносном горизонте (грунтовых водах), поэтому загрязненность их сохраняется на высоком уровне. В грунтовых водах отмечаются большая жесткость, повышенная минерализация и высокое содержание хлоридов.

Исходный материал и методы исследований. В основу работы положены данные гидрохимического мониторинга поверхностных и подземных вод месторождений центральной части Удмуртской Республики. Временной ряд исследования составил: для подземных вод – с 1999 г. по октябрь 2011 г.; для поверхностных вод – с 2000–2001 гг. по октябрь 2011 г. Гидрохимический мониторинг охватывал следующие гидрологические циклы: зимнюю межень, весеннее половодье и летне-осеннюю межень. Частота отбора проб воды составила 4 пробы в год [4].

Для пространственного анализа качества воды рассматриваемых водных объектов по фактическим значениям (концентрациям) ингредиентов химического состава воды рассчитывались упрощенные статистические показатели, широко применяемые при оценке

качества воды: максимальная за период наблюдения концентрация S_{max}, минимальная концентрации S_{min}, средняя арифметическая концентрация веществ за период наблюдений $\overline{S}$:

среднее квадратическое отклонение (стандарт) σ_s: $\overline{S} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} S_i$; $\sigma_s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}\left(S_i - \overline{S}\right)^2}{n-1}}$;

коэффициент вариации C_{vs}:

$$C_{vs} = \frac{\sigma_s}{\overline{S}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}\left(S_i - \overline{S}\right)^2}{\left(n-1\right)\overline{S^2}}}.$$

Временной анализ качества воды заключался в исследовании межгодовой изменчивости. Для оценки межгодовой динамики строились линии полиномиального тренда (3 степени), описываемые уравнением параболы третьего порядка:

$$\overline{y_x} = a + bx + cx^2 + dx^3.$$

Данная степень полинома была выбрана перебором различных степеней как наиболее подходящая для выявления тенденции в динамике концентраций загрязняющих веществ (особенно антропогенного происхождения), когда на фоне естественной тенденции (гидрологические фазы) проявляются эпизоды, связанные с залповым поступлением вещества в водные объекты (хлориды, нефтепродукты) [3].

Статистическая значимость полиномиального тренда оценивалась по величине квадрата коэффициента корреляции R^2 (коэффициент детерминации) между y и x. Величина R^2 показывает, каков вклад полиномиального тренда в общую изменчивость содержания той или иной примеси в воде за рассматриваемый период времени. Коэффициент детерминации R^2 – оценка качества («объясняющей способности») уравнения регрессии, доля дисперсии объясненной зависимой переменной y:

$$R^2 = 1 - \sum(y_i - \hat{y}_i / \sum(y_i - y)^2,$$

где y_i – наблюдаемое значение зависимой переменной y; $\hat{y}_i$ – значение зависимой переменной, предсказанное по уравнению регрессии; y – среднее арифметическое зависимой переменной.

Чем ближе к единице R^2, тем точнее выбранный тренд описывает динамику того или иного показателя качества воды.

Для оценки временной изменчивости основных составляющих ионного стока был использован метод М. П. Максимовой, когда критерием оценки антропогенной составляющей компонентов солевого состава может служить их соотношение. При оценке антропогенной составляющей в качестве репера используется концентрация гидрокарбонатных ионов [5], [6].

Обсуждение результатов:

1. Пространственный анализ загрязненности природных вод по упрощенным статистическим показателям выявил, что в подземных водах заметно выше содержание ионов натрия и нефтепродуктов (табл. 1, 2). Все остальные показатели качества воды в под-

Таблица 1

Упрощенные статистические показатели качества поверхностных вод

Показатель качества воды	Упрощенные статистические показатели				
	$S_{ср}$	S_{max}	S_{min}	σ_s	C_{vs}
Жесткость, ммоль/л	5,966...6,177	6,917...7,914	3,668...4,676	0,492...0,911	0,083...0,147
Минерализация, мг/л	479,127...532,761	559,183...598,331	401,712...455,023	38,100...41,035	0,077...0,079
Гидрокарбонаты, мг/л	288,126...364,580	314,085...411,373	228,863...313,135	23,500...26,860	0,074...0,082
Хлориды, мг/л	16,287...53,238	26,363...66,912	3,780...39,764	7,363...9,199	0,173...0,452
Сульфаты, мг/л	19,313...20,158	25,000...37,716	7,203...13,243	3,722...8,883	0,193...0,441
Кальций, мг/л	92,729...98,697	104,315...116,423	61,639...73,041	8,151...12,853	0,088...0,130
Магний, мг/л	15,221...16,256	18,612...23,636	2,956...14,492	1,222...5,867	0,075...0,385
Натрий, мг/л	17,996...18,663	38,785...45,658	2,112...2,806	11,753...13,749	0,630...0,764
Нефтепродукты, мг/л	Большинство значений менее 0,05 мг/л				

земных водных объектах оказались достаточно близкими по своим значениям.

2. Для подземных вод также фиксируется значительная вариация содержания ионов натрия (C_{vs} = 0,383…1,188) и хлоридов. Однако третьим, наиболее заметно варьируемым показателем качества воды для подземных вод, является содержание в водах нефтепродуктов (табл. 2).

При исследовании динамики химического состава подземных вод выяснилось, что наиболее выраженные тренды изменения показателей качества воды характерны для скважины, расположенной вблизи серьезного техногенного источника воздействия на подземные воды – ЦСПН. Именно для подземных вод, вскрытых скважиной № 18941, характерны наиболее показательные тренды

Таблица 2

Упрощенные статистические показатели качества подземных вод

Показатель качества воды	Упрощенные статистические показатели				
	$S_{ср}$	S_{max}	S_{min}	σ_s	C_{vs}
Жесткость, ммоль/л	4,076...6,177	5,306...7,674	0,080...1,388	0,207...2,296	0,041...0,473
Минерализация, мг/л	394,037...475,644	499,505...531,307	24,730...427,288	32,191...144,911	0,059...0,368
Гидрокарбонаты, мг/л	277,818...329,935	351,082...360,448	11,758...288,341	14,691...106,596	0,045...0,384
Хлориды, мг/л	4,072...19,983	9,122...52,499	0,095...4,568	2,072...14,166	0,509...0,709
Сульфаты, мг/л	11,835...18,191	23,715...41,383	1,471...6,168	4,563...12,776	0,319...0,702
Кальций, мг/л	36,304...70,892	57,006...122,579	0,889...36,078	5,033...40,615	0,103...0,744
Магний, мг/л	16,028...32,010	22,683...56,186	0,5...29,092	1,396...15,400	0,044...0,560
Натрий, мг/л	17,036...40,214	8,157...118,585	0,207...30,698	6,531...47,777	0,383...1,188
Нефтепродукты, мг/л	0,044...0,053	0,123...0,159	0,003...0,015	0,022...0,044	0,500...0,837

в динамике ингредиентов химического состава. Среди них выделяется отчетливая тенденция значений минерализации воды. На графике (рис. 1) можно увидеть резкое снижение

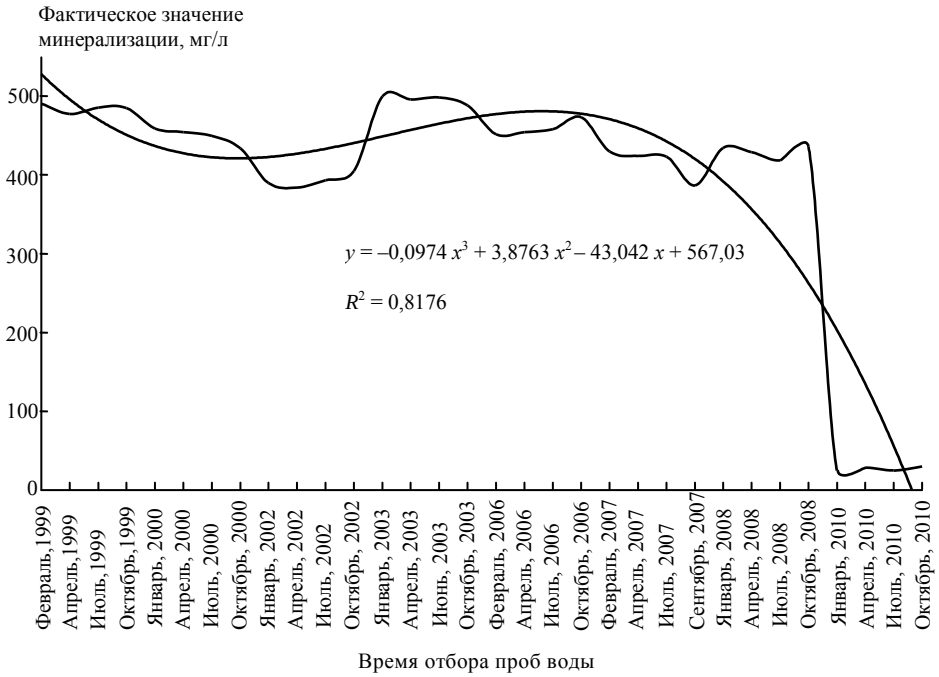


Рис. 1. Динамика фактического значения минерализации подземных вод скв. № 18941 (ЦСПН)

этого показателя качества воды с 2006 г. при хорошей представительности тренда, описывающего эту динамику (R^2 = 0,82).

Таким же высоким коэффициентом детерминации (R^2 = 0,75) отличается полиномиальный тренд, описывающий изменчивость

содержания гидрокарбонатного иона в подземных водах этой скважины. С 2006 г. происходит выраженный спад этого показателя качества воды (рис. 2). В целом, графики изменения этих двух показателей качества воды оказались очень схожими (рис. 1, 2).

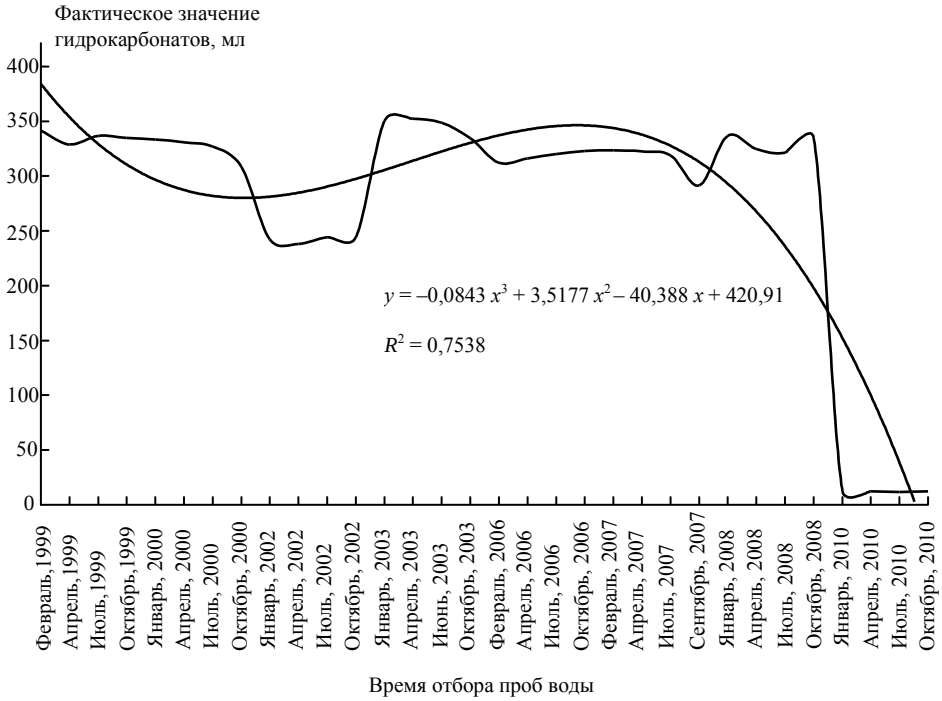


Рис. 2. Динамика фактического содержания гидрокарбонатов в подземных водах скв. № 18941

Еще одним основным показателем качества природных вод, чья динамика также отчетливо проявилась за время наблюдения, является снижение содержание нефтепродуктов

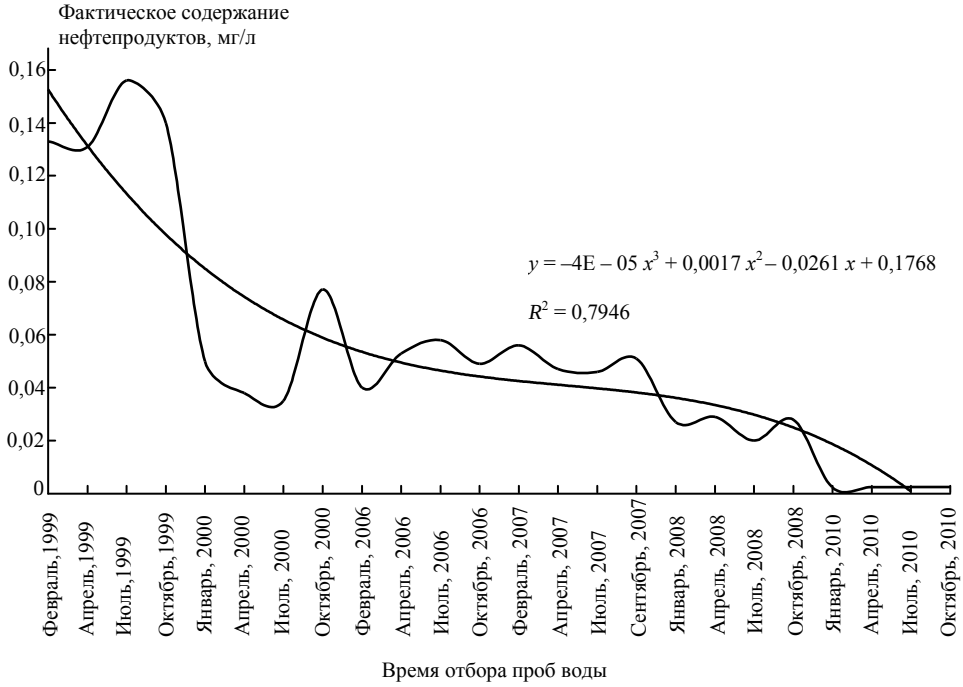


Рис. 3. Динамика фактического содержания нефтепродуктов в подземных водах скв. № 18941

(рис. 3) в рассматриваемых подземных водах.

Заметный рост содержания хлоридов в подземных водах скв. 2603 (рис. 4) вполне коррелирует с динамикой HCO_3^-/Cl^-. По

тренду заметно, что происходит рост хлоридной составляющей в солевом стоке в сравнении с гидрокарбонатной составляющей в последние годы наблюдения.

Итак, подземные воды территории Архангельского нефтяного месторождения, находящегося на стадии падающей добычи, оказались схожими по значению жесткости и

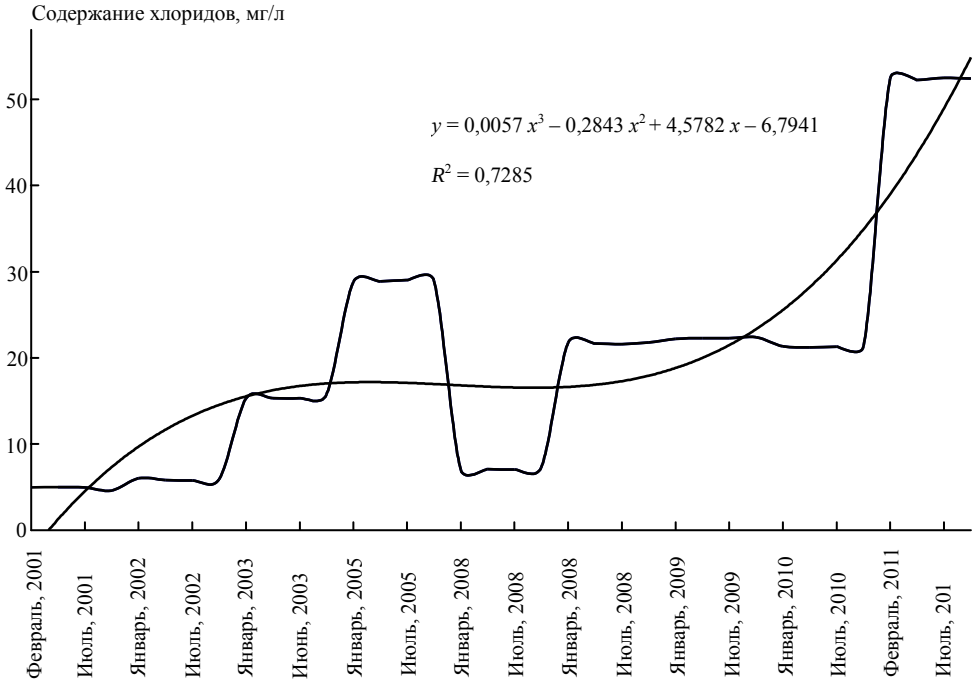


Рис. 4. Динамика содержания хлоридов в водах скв. 2603

минерализации воды, содержанию основных ионов, за исключением ионов хлора и натрия.

Подземные воды Архангельского месторождения нефти, в отличие от поверхностных вод этой территории, характеризуются большим содержанием ионов натрия и нефтепродуктов. Несмотря на это, по содержанию ионов натрия в подземных водах месторождения за весь период исследования не наблюдалось превышений нормативов для источников хозяйственно-питьевого водоснабжения. По содержанию нефтепродуктов повторяемость случаев превышения санитарно-гигиенических нормативов за весь временной ряд составила от 3 до 17 % (в зависимости от скважины).

При анализе изменения химического состава подземных вод выяснилось, что наиболее заметную межгодовую изменчивость имеют показатели химического состава подземных вод, приближенных к техногенным объектам нефтедобычи. При удалении от таковых и приближении к диффузным источникам загрязнения, свойственным сельской местности, выраженность трендов динамики показателей подземных вод резко снижается. Сказывается совместное воздействие нескольких антропогенных факторов в формировании химического состава подземных вод без явного превалирования какого-либо из этих факторов.

Общих тенденций в изменении фактических показателей качества подземных вод разных эксплуатационных водозаборных скважин не выявлено. Метод соотношения также не выявил общих тенденций в динамике ингредиентов ионного состава, как это проявилось в случае с поверхностными водами, где был зафиксирован слабый рост натриевой и сульфатной составляющий в ионном составе воды рек за последние годы наблюдения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. О состоянии окружающей природной среды Удмуртской Республики в 2010 г.: гос. доклад. Ижевск, 2011. 238 с.
2. Полозов М. Б. Экология нефтегазодобывающего комплекса. Ижевск: Удмурт. гос. ун-т, 2012. 172 с.
3. Гагарина О. В. Анализ временной динамики и пространственной изменчивости качества поверхностных вод: дис. … канд. географ. наук. Ижевск, 2007. 238 с.
4. Организация и функционирование системы специальных наблюдений за состоянием поверхностных вод суши в районах разработки месторождений нефти, газа и газоконденсата. Методические указания: РД 52.24.354–94; дата введения 1995-07-01.

5. Максимова М. П. Критерии оценки антропогенных изменений и расчет антропогенной составляющей ионного стока рек // Водные ресурсы. 1985. № 3. С. 71–75.
6. Максимова М. П. Критерии оценки антропогенной составляющей содержания тяжелых металлов в речном стоке // Водные ресурсы. 1993. Т. 20, № 2. С. 270–273.

Поступила в редакцию 16 сентября 2013 г.

Полозов Михаил Брониславович – кандидат биологических наук, доцент кафедры разработки и эксплуатации нефтяных и газовых месторождений Института нефти и газа им. М. С. Гуцериева. 426034, Россия, г. Ижевск, ул. Университетская, 1, Удмуртский государственный университет. E-mail: michael999@inbox.ru

УДК 553.078

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОГНОЗА И ПОИСКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

(о новом учебнике профессора МГУ В. И. Старостина «Металлогения»)

Контарь Е. С., Душин В. А.

Рассмотрены структура и содержание нового учебника «Металлогения», подготовленного профессором В. И. Старостиным. Делается вывод о том, что данный учебник является пособием для студентов, магистрантов и аспирантов вузов геологических специальностей, он будет использован преподавателями, читающими аналогичные курсы на геологических факультетах, а также может стать настольной книгой для геологов научно-исследовательских и производственных организаций.

***Ключевые слова**: учебник «Металлогения»; прогноз; поиски; месторождения; металлогенические модели.*

Металлогения, наука о закономерностях образования и размещения месторождений полезных ископаемых, имеет важнейшее прикладное значение, определяя пути и направление геологоразведочных работ и обеспечивая, при правильности выбора, их результативность и эффективность. Владение и применение в практической деятельности специалистами-геологами теоретических навыков обоснования направленности поиска новых объектов минерального сырья, приобретенных в процессе обучения в вузе, является залогом успешности геологоразведочного дела.

В связи с этим выход в свет в 2012 г. в издательстве «Книжный Дом Университет» рекомендованного УМО по классическому университетскому образованию для студентов и магистрантов учебника В. И. Старостина «Металлогения» трудно переоценить.

Учебник представляет собой 2-е издание (исправленное и дополненное) цикла лекций, читаемых профессором В. И. Старостиным на геологическом факультете МГУ с 1998 г. По сравнению с первым изданием он существенно переработан, дополнен большим объемом современных данных и представляет собой новейшую сводку по данному предмету.

Учебник общим объемом 560 страниц состоит из «Введения» (3 стр.), раздела «История развития металлогении» (5 стр.) и трех частей: 1 – Теоретические основы металлогении (164 стр.), 2 – Эволюционная металлогения основных типов месторождений полезных ископаемых (236 стр.), 3 – Металлогенические основы поисков, прогноза и оценки минеральных ресурсов (46 стр.). Библиографический список рекомендованной литературы содержит 15 наименований. В конце учебника помещен «Указатель провинций, металлогенических поясов, рудных полей и месторождений» (6 стр.).

Книга богато иллюстрирована – количество рисунков превышает 150. Однако качество иллюстраций (черно-белое исполнение) не отвечает современным требованиям и издательским возможностям.

Первая часть включает 4 главы, посвященные характеристике происхождения и развития Земли, геохимическим, петрологическим, геодинамическим, формационным и другим аспектам, определяющим закономерности формирования во времени и размещения в пространстве месторождений полезных ископаемых. С учетом новых концепций глубинной петролого-геохимической дифференциации вещества выделен первичный грандиозный пик рудообразования в раннем докембрии и оценены масштабы рециклинга минерального вещества в последующей геологической истории. Эти проблемы являются в значительной степени определяющими в теории образования месторождений и служат направляющим ориентиром в практике их обнаружения. В этой части учебника рассмотрены также вопросы периодизации процессов рудообразования с позиций геосинклинальной гипотезы и с точки зрения положений тектоники плит, что позволяет оценивать эволюционную составляющую металлогении

независимо от воззрений приверженцев различных геотектонических позиций.

Во второй, самой представительной части книги, на богатом и разнообразном фактическом материале детально рассматривается эволюционная металлогения основных типов месторождений полезных ископаемых. При этом с наибольшей степенью детальности освещены проблемы рудообразования цветных и благородных металлов. Меньше внимания уделено редким, благородным металлам, а также кимберлитовым и карбонатитовым месторождениям, что является не совсем объяснимым и, по-видимому, должно стать предметом рассмотрения автором в случае дальнейшего совершенствования учебника. Однако уже содержащиеся в учебнике данные являются неоценимым материалом для их использования в практической работе геолога-исследователя.

Третья часть учебника содержит изложение металлогенических основ прогноза и поиска минеральных месторождений. В этой части автор вновь обращается к рассмотрению позиции размещения месторождений в различных геодинамических обстановках (океанических, субдукционных, коллизионных, внутриплитных континентальных), более детально анализирует металлогению докембрийских комплексов, минерагению платформенного чехла. Здесь же изложены принципы металлогенического районирования, основанные на базовых иерархических структурно-металлогенических таксонах, методики составления металлогенических карт различных масштабов, вопросы специальной металлогении.

Завершают данную часть основные положения прикладной металлогении, принципы построения прогнозно-металлогенических моделей и составления прогнозно-поисковых комплексов, что является наиболее ценным для геологов-практиков. Однако последний раздел, по сравнению с предшествующими, выглядит несколько схематичным, и представляется желательным его расширение в случае дальнейшей переработки и переиздания учебника. В частности, представляется целесообразным привести современную классификацию запасов и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых, а также рассмотреть их соотношение со стадийностью геологоразведочных работ.

Оценивая в целом учебник В. И. Старостина «Металлогения», следует отметить несомненную удачу автора, создавшего выдающуюся, не имеющую пока аналогов, сводку по металлогеническому анализу. Изданный учебник является не только прекрасным пособием для студентов, магистрантов и аспирантов вузов по направлению «Геология и разведка полезных ископаемых», но и будет служить подспорьем для преподавателей, читающих аналогичные курсы на геологических факультетах. Для геологов-исследователей и производственников учебник может стать настольной книгой в повседневной деятельности.

Поступила в редакцию 11 ноября 2013 г.

Контарь Ефим Семенович – доктор геолого-минералогических наук, профессор кафедры геологии. 620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30, Уральский государственный горный университет. E-mail: eskontar@mail.ru

Душин Владимир Александрович – доктор геолого-минералогических наук, профессор, заведующий кафедрой геологии месторождений полезных ископаемых. 620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30, Уральский государственный горный университет. E-mail: snige.dep@ursmu.ru

УДК 622.232 (470.53)

РАЗРАБОТКА И ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ВЫЕМКИ СИЛЬВИНИТОВЫХ ПЛАСТОВ С РЕГУЛЯРНЫМ ОСТАВЛЕНИЕМ СТОЛБЧАТЫХ ЦЕЛИКОВ НА ВЕРХНЕКАМСКОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ КАЛИЙНЫХ СОЛЕЙ

В. А. Соловьев, А. И. Секунцов, Д. С. Чернопазов

Рассматривается производственный опыт отработки сильвинитовых пластов с регулярным оставлением столбчатых целиков и основные направления дальнейшего совершенствования технологии при выемке сближенных пластов. Приведена оценка полноты извлечения руды из недр при применении данной технологии. Определены запасы сильвинитового пласта АБ, которые возможно отработать по данной технологии.

Ключевые слова: *Верхнекамское месторождение калийно-магниевых солей; камерная система разработки; потери полезного ископаемого; геомеханическая оценка; столбчатые целики.*

На Верхнекамском месторождении калийных солей (ВКМКС) разработка сильвинитовых пластов традиционно ведется камерной системой с оставлением междукамерных ленточных целиков. Отбойка осуществляется комбайновым способом. Извлечение по системе разработки изменяется в диапазоне 30–55 % и зависит от множества горно-геологических и горнотехнических факторов.

Применительно к условиям Верхнекамского месторождения калийных солей на сегодняшний день (в связи с доработкой основных запасов рудников Первого и Третьего Соликамских (СКРУ-1, СКРУ-3) и Второго Березниковского (БКПРУ-2), а также с целью продления срока службы действующих предприятий) остро стоит вопрос об увеличении степени извлечения полезного ископаемого из недр. Перед авторами была поставлена задача создать новый безопасный и эффективный способ разработки продуктивных пластов ВКМКС, позволяющий отрабатывать сильвинитовые пласты с бóльшим извлечением полезного ископаемого из недр.

Анализируя мировой опыт разработки калийных месторождений, выделяют технологию отработки сильвинитового пласта Красный-II камерной системой разработки с оставлением столбчатых целиков на руднике БКПРУ-1, разработанную Уральским филиалом ВНИИГ в конце XX в. Суть данной технологии заключалась в буровзрывной выемке с применением самоходного оборудования при оставлении в выработанном пространстве квадратных в плане целиков (рис. 1).

Необходимо отметить, что отработка велась по одному пласту. Параметры столбчатых целиков принимали исходя из условия равенства извлечения при оставлении ленточных целиков. Технология прошла промышленную проверку и успешно применялась на руднике БКПРУ-1 [1]. В среднем за год производительность труда рабочих при новой технологии составляла 222 т/чел.-смену вместо 150 т/чел.-смену при комбайновой выемке. Однако после выработки нормативного срока службы применявшегося оборудования и в связи со сложными социально-экономическими условиями в стране на рубеже 1980–1990-х гг. и отсутствием замены амортизированного оборудования для буровзрывной выемки камерная система разработки со столбчатыми целиками на Верхнекамском месторождении была забыта.

Анализ состояния элементов камерных систем разработки указывает на повышенную устойчивость камерных систем разработки с оставлением столбчатых целиков, что достигается за счет применения несущих элементов равной жесткости, деформирование и разрушение которых происходит равномерно во времени [2]. Сравнительная геомеханическая оценка состояния элементов систем разработки методами математического моделирования свидетельствует о том, что при равном нагружении целиков система разработки с регуляр-

ным оставлением столбчатых целиков характеризуется большей степенью извлечения (ω = 72,5 % для камерной системы разработки со столбчатыми целиками и ω = 62,5 % для камерной системы разработки с ленточными междукамерными целиками).

Одним из путей повышения извлечения полезного ископаемого из недр может стать применение камерной системы разработки с регулярным оставлением столбчатых целиков. В связи с этим были разработаны основные положения технологии отработки двух сближенных сильвинитовых пластов с оставлением столбчатых целиков по верхнему отрабатываемому пласту и с оставлением ленточных целиков по нижнему.

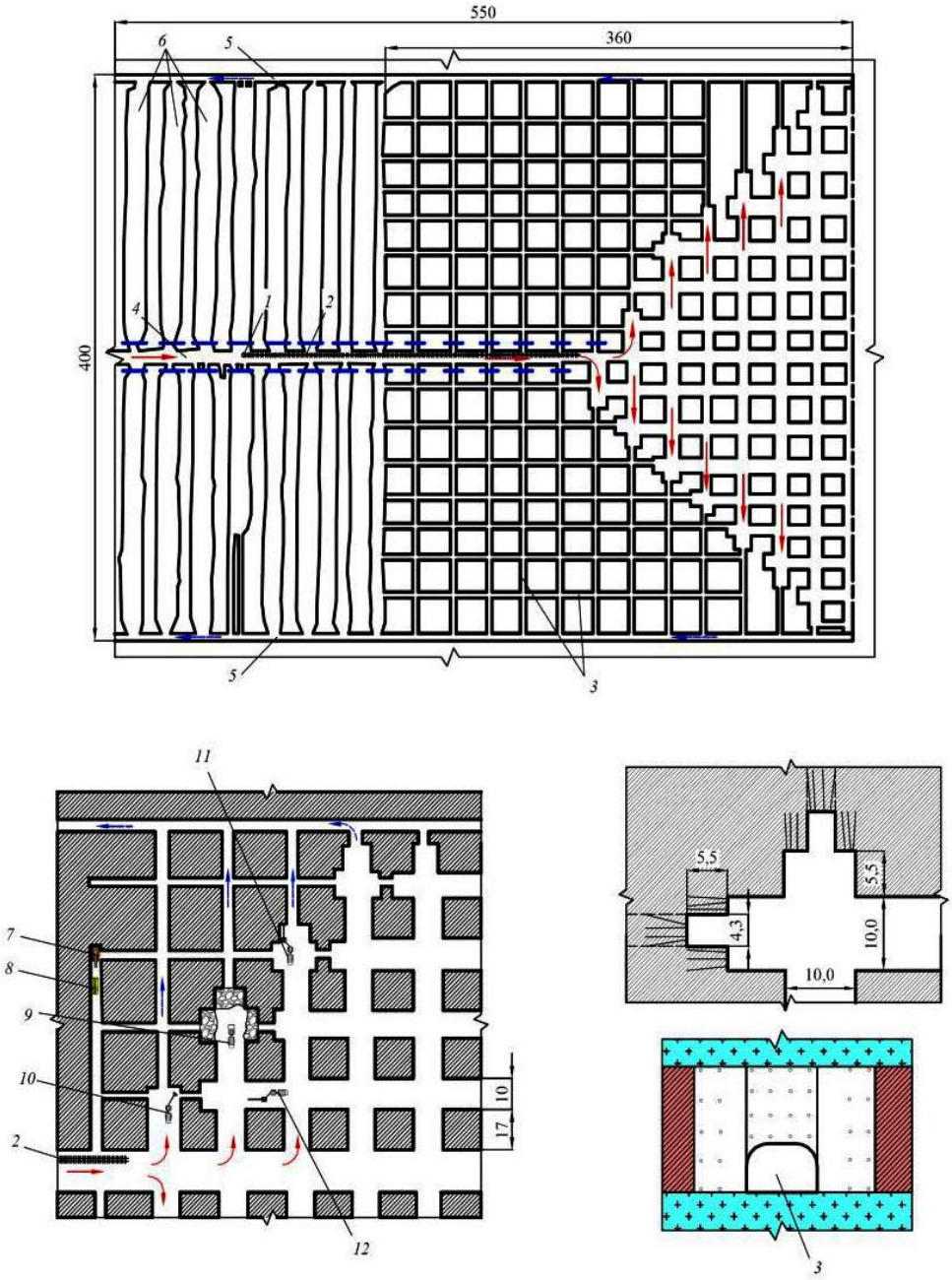


Рис. 1. Технологическая схема выемки сильвинитового пласта Красный-II на бывшем руднике БКПРУ-1:

1 – рудоспуск; *2* – скребковый конвейер СП-80К; *3* – разрезные выработки, пройденные комбайном «Урал-10КС»; *4* – выемочный штрек; *5* – вентиляционный штрек; *6* – ранее отработанная очистная камера; *7* – комбайн «Урал-10КС»; *8* – самоходный вагон 5ВС-15М; *9* – ПДМ *ST-8V*; *10* – механический оборщик кровли; *11* – бурильная установка PEC24.IFR.D6.E60; *12* – PEC.24.IBR.D6.E60

Такая комбинация систем разработки при выемке двух сближенных пластов вызвана

следующими соображениями:

– анализ горно-геологических условий, перспективных к отработке частей месторождения, указывает на небольшую мощность (1,5–3,0 м) верхнего отрабатываемого пласта АБ. Несмотря на меньшую прочность пород пласта АБ, следует вывод о большей устойчивости целиков по верхнему пласту в сравнении с более мощным нижним пластом Красный-II;

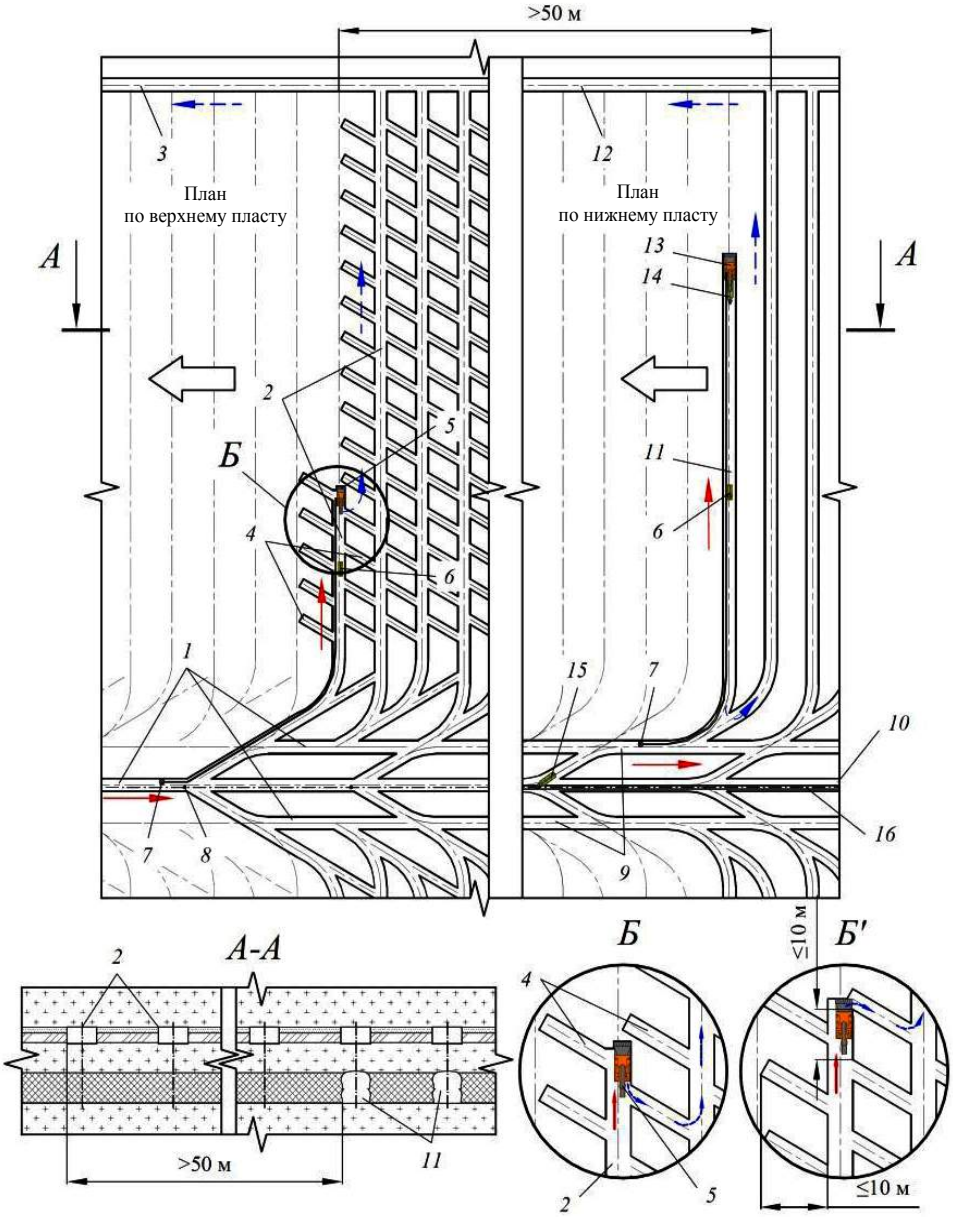


Рис. 2. Схема подготовки и отработки блока по пластам АБ и Красный-II:
1 – выемочный штрек пласта АБ; *2* – очистная камера пласта АБ; *3* – вентиляционный штрек пласта АБ; *4* – междукамерная сбойка; *5* – проходческо-очистной комбайн с барабанным исполнительным органом; *6* – самоходный вагон; *7* – вентилятор местного проветривания с вентиляционный ставом; *8* – рудоспускная скважина; *9* – выемочный штрек пласта Красный-II; *10* – конвейерный штрек пласта Красный-II; *11* – очистная камерна по пласту Красный-II; *12* – вентиляционный штрек пласта Красный-II; *13* – проходческо-очистной комбайн; *14* – бункер-перегружатель; *15* – бункер-дозатор (СБД-300); *16* – блоковый конвейер

– отсутствует мировая практика отработки двух и более сближенных сильвинитовых пластов с оставлением столбчатых целиков [3–5];

– необходимо обеспечивать строгую соосность столбчатых целиков по двум и более отрабатываемым пластам, что является на практике трудноразрешимой задачей.

Технологическая схема отработки двух сильвинитовых пластов с оставлением столбчатых целиков по верхнему пласту и ленточных по нижнему приведена на рис. 2.

По данной технологии отработку камер по верхнему пласту предполагается осуществлять комбайнами с барабанным исполнительным органом, которые обладают рядом существенных преимуществ по сравнению с применяемыми на месторождении комбайнами с роторным и планетарным исполнительными органами:

– большей маневренностью;

– способностью изменения вынимаемой мощности пласта;

– высокой производительностью по отбойке руды.

Однако первый опыт применения комбайнов с барабанным исполнительным органом [3] на Верхнекамском месторождении свидетельствует о значительном пылеобразовании, затрудняющем процесс очистной выемки. Применяемые системы пылеподавления, устанавливаемые на комбайны данного типа, основаны на мокром способе пылеподавления, который трудноосуществим при разработке калийных и соляных месторождений.

В связи с этим основные положения технологии отбойки руды в камерах должны сопровождаться сквозным проветриванием с удалением исходящей запыленной струи воздуха в отработанное пространство за счет общешахтной депрессии, например, за счет удаления запыленного воздуха в выработанное пространство через междукамерную сбойку, ближайшую к очистному забою (рис. 2).

Данное технологическое решение позволяет:

– значительно снизить запыленность в очистном забое;

– за счет применения системы разработки со столбчатыми целиками увеличить извлечение по системе разработки двух отрабатываемых пластов (АБ и Красный-II) не менее чем на 10 %.

Следует отметить, что перспективные к отработке площади ВКМКС, расположенные, как правило, в краевых частях месторождения, характеризуются все ухудшающимися горно-геологическими условиями:

– интенсивной внутрисоляной складчатостью;

– резким изменением глубины залегания продуктивных пластов;

– уменьшением мощностей пластов и междупластий вблизи границ калийной залежи месторождения;

– высоким содержанием нерастворимого остатка вблизи границ месторождения.

Возможность комбинированной выемки запасов сильвинитовых пластов с применением камерной системы разработки и вариантов камерной системы с оставлением столбчатых целиков оценена с позиции степени влияния комбинации параметров несущих элементов системы разработки на распределение горного давления по сечению ленточного междукамерного целика.

Некоторые результаты выполненных расчетов представлены на рис. 3.

В результате расчетов установлено, что при отработке верхнего пласта с оставлением столбчатых целиков, а нижнего с оставлением ленточных происходит резко неоднородное нагружение ленточного целика нижнего отрабатываемого пласта, что негативно сказывается на состоянии элементов системы разработки.

Проведена оценка возможности регулярной прорезки ленточных целиков по верхнему сильвинитовому пласту выработкой ограниченных размеров. Применение камерной системы разработки с регулярной прорезкой междукамерных ленточных целиков актуально для условий разработки сильвинитового пласта АБ, выемка которого в настоящее время ведется со значительным запасом по степени нагружения. Дополнительным условием применения такой системы разработки является вовлечение в отработку некондиционных по мощности пластов.

Анализ результатов выполненных расчетов показывает возможность увеличения степени извлечения руды из сильвинитовых пластов без ухудшения геомеханического состояния породного массива при регулярных прорезках ленточных целиков. С другой стороны, комбинация ленточных междукамерных целиков с прорезкой по пласту АБ и без прорезок по пласту Красный-II показывает меньшую неоднородность напряженного состояния породного массива, реализующегося в целиках по пласту Красный-II по сравнению с вариантом применения столбчатых целиков (рис. 3).

В связи с этим по горно-геологическим и горнотехническим условиям выбраны участки, на которых оценивалась возможность безопасной отработки сильвинитовых пластов камерной системой разработки с регулярной прорезкой междукамерных целиков по верхнему отрабатываемому пласту.

Согласно методическим указаниям [6, 7],

проведены расчеты для оценки возможности безопасной разработки сильвинитовых пластов Половодовского участка и на неотработанной части шахтного поля СКРУ-3 камерной системой разработки с регулярной прорезкой ленточных целиков по верхнему разрабатываемому пласту.

Расчеты показали, что камеры по верхнему отрабатываемому пласту должны проходиться комбайном с барабанным исполнительным органом согласно следующим требованиям:

– создание возможности регулирования вынимаемой мощности пласта в условиях малых мощностей пласта АБ на Половодовском участке и неотработанной части СКРУ-3;

– необходимость высокой маневренности комбайнов с барабанным исполнительным органом при проходке междукамерных сбоек.

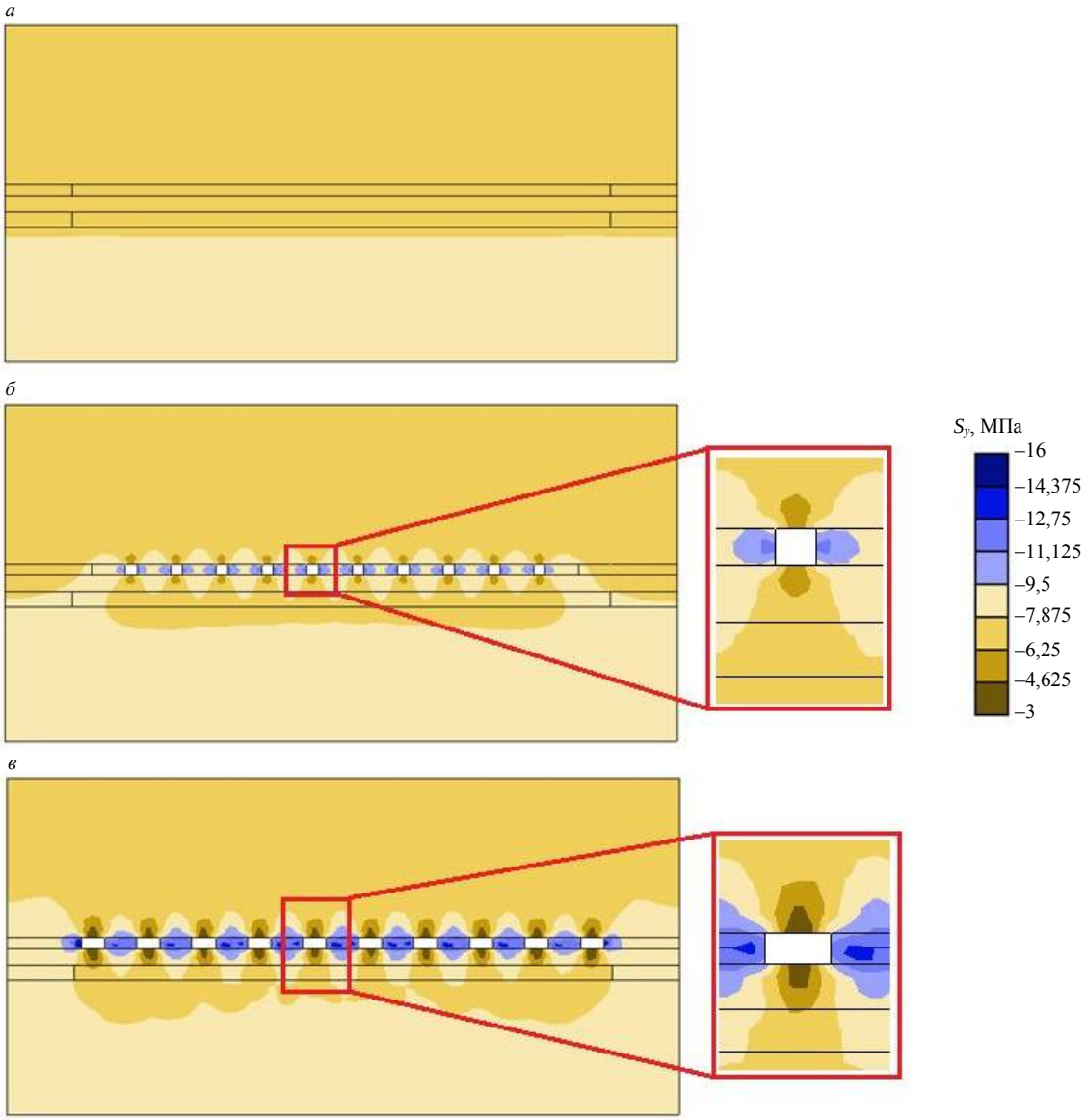


Рис. 3. Изолинии сжимающих напряжений при применении систем разработки сближенных пластов АБ и Красный-II:
а – камерной с ленточными целиками; *б* – камерной с регулярной прорезкой междукамерных целиков; *в* – камерно-столбовой

При выполнении расчетов полагали степень извлечения по системе разработки равной 50 %, при этом если достигается степень нагружения междукамерных целиков ниже допустимого значения, то появляется возможность повышения извлечения.

В связи с невозможностью обеспечения условий безопасной отработки двух и более сильвинитовых пластов камерной системой разработки с регулярным оставлением столбчатых целиков предлагается для реализации

вариант системы разработки с регулярной прорезкой междукамерных ленточных целиков по верхнему отрабатываемому пласту.

Определены площади в пределах Половодовского участка и неотработанной части шахтного поля СКРУ-3, пригодные для безопасной отработки камерной системой разработки с регулярной прорезкой ленточных целиков по верхнему отрабатываемому пласту. Предполагаемые запасы, пригодные для отработки с прорезками целиков, составляют 700 млн т, при этом дополнительное извлечение за счет применения технологии с прорезками по сравнению с традиционной системой разработки с оставлением столбчатых целиков составит не менее 5 %. Подобные площади, пригодные для выемки с прорезками целиков, имеются на шахтных полях Талицкого ГОКа и Усть-Яйвинского участка.

Укрупненная технико-экономическая оценка показала, что применение технологии с регулярной прорезкой междукамерных ленточных целиков по верхнему отрабатываемому пласту целесообразно с точки зрения получаемого дисконтируемого дохода, однако инвестиционные вложения при данной технологии будут недостаточно эффективны в сравнении с применяемой камерной системой разработки, так как вовлечение больших объемов запасов приведет к увеличению срока службы предприятия и соответственно увеличит затраты на поддержание производства. Сокращение срока отработки больших объемов запасов возможно с применением более производительных барабанных комбайнов, например, 14CM производства фирмы JOY.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Соловьев В. А. Эффективное применение самоходного оборудования на подземных горных работах. Пермь: ПГТУ, 2005. 356 с.

2. Чернопазов Д. С. Геомеханическая и геодинамическая оценка эффективности применения современных систем разработки калийных месторождений в условиях Верхнекамского месторождения калийных и магниевых солей // Рациональное освоение недр. 2012. № 5.

3. Рекомендации по применению комбайнов с барабанным исполнительным органом типа «Хелимайнер»: отчет (заключит.) / УФ ВНИИГ; рук. В. Я. Ковтун. Пермь, 1984.

4. Отчет о командировке специалистов калийной промышленности России и Республики Беларусь в Канаду и США на калийные предприятия и порты: отчет / СПЭК; ОАО «Галургия»; исп. Ю. П. Ольховиков. М.; Пермь, 1997.

5. Смычник А. Д., Морев А. Б., Васько А. Б. Системы разработки калийных месторождений: технологические схемы, оборудование, эффективность // Горная механика. 2008. № 4.

6. Указания по защите рудников от затопления и охране подрабатываемых объектов в условиях Верхнекамского месторождения калийных солей: технологический регламент. СПб., 2008.

7. Указания по защите рудников от затопления и охране подрабатываемых объектов в условиях Верхнекамского месторождения калийных солей: метод. рекомендации. СПб., 2008.

Поступила в редакцию 7 сентября 2013 г.

Соловьев Вячеслав Алексеевич – доктор технических наук, заведующий лабораторией геодинамической безопасности ОАО «Галургия», профессор кафедры разработки месторождений полезных ископаемых Пермского национального исследовательского политехнического университета. 614002, г. Пермь, ул. Сибирская, 94, ОАО «Галургия».
E-mail: Solovev@gallurgy.ru

Секунцов Андрей Игоревич – научный сотрудник ОАО «Галургия», аспирант Пермского национального исследовательского политехнического университета. 614002, г. Пермь, ул. Сибирская, 94, ОАО «Галургия».

Чернопазов Дмитрий Сергеевич – кандидат технических наук, научный сотрудник ОАО «Галургия», аспирант Пермского государственного национального исследовательского университета. 614002, г. Пермь, ул. Сибирская, 94, ОАО «Галургия».

УДК 622.271.33/.451:624.121.537:625.033.38:627.43

ОСНОВЫ ОБЩЕЙ ТЕОРИИ РАСЧЕТА УСТОЙЧИВОСТИ ОТКОСОВ

А. В. Жабко

В работе решена статически неопределимая задача по определению направления реакций между смежными отсеками. Выводятся основные уравнения условия равновесия призмы смещения. Получены дифференциальные уравнения, определяющие геометрию потенциальной поверхности скольжения. Построены поверхности скольжения и определены предельные параметры плоских однородных свободных откосов. Решение задачи дается на основе методов вариационного исчисления. Рассмотрены вопросы преломления поверхности скольжения в анизотропных и неоднородных горных массивах.

Ключевые слова: откос; условие равновесия; устойчивость; экстремум функционала; дифференциальное уравнение; поверхность скольжения; анизотропия; неоднородность; угол излома.

В настоящей работе излагается общая теория расчета устойчивости откосов, она является развитием, обобщением и уточнением некоторых работ автора [1–4].

Как известно, для равновесия плоской системы сил необходимо выполнение трех условий геометрической статики. С другой стороны, задачи статики весьма эффективно решаются при использовании общих принципов механики. Так, для равновесия механической системы с одной степенью свободы, согласно принципу возможных перемещений, необходимо и достаточно выполнение равенства [5]

$$\delta A_k^{\text{a}} + \sum \delta A_k^r = 0, \qquad (1)$$

где $\sum \delta A_k^{\text{a}}$, $\sum \delta A_k^r$ – сумма элементарных работ всех действующих на систему активных сил и реакций связей, соответственно, при любом возможном перемещении системы.

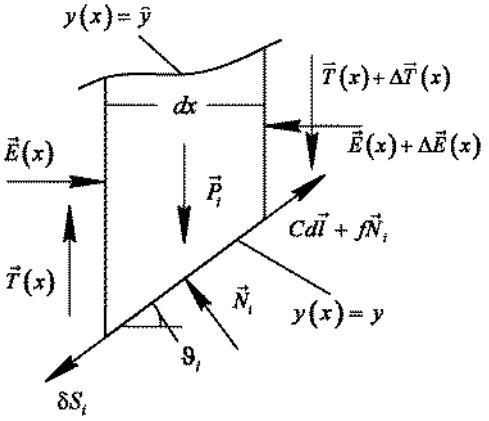


Рис. 1. Элементарный отсек и действующие на него силы

Введем систему координат (направление оси x – вправо, y – вверх) и рассмотрим механическую систему с одной степенью свободы – призму смещения, состоящую из n материальных точек – центры масс элементарных отсеков (отсеки условно разделены вертикальными гранями). Выделим из призмы смещения произвольный отсек и рассмотрим его равновесие под действием приложенных активных сил и реакций связей (рис. 1). Условие равновесия для данного отсека представляется равенством

$$\begin{gathered}-E(x)\cos\vartheta_i\delta S_i + \big(E(x) + \Delta E(x)\big)\cos\vartheta_i\delta S_i - \\ -T(x)\sin\vartheta_i\delta S_i + +\big(T(x) + \Delta T(x)\big)\sin\vartheta_i\delta S_i + \\ +P_i\sin\vartheta_i\delta S_i - R_i\delta S_i = 0,\end{gathered} \qquad (2)$$

где ϑ_i – угол наклона поверхности скольжения в точке; $E(x), T(x)$ – соответственно функции нормальной и касательной составляющих реакций по боковым граням отсека; Δ – приращение функции; δS_i – возможное (виртуальное) перемещение отсека; P_i – вес отсека; R_i – сила сопротивления по площадке скольжения.

Для откоса с предельными геометрическими параметрами на площадке скольжения выполняется условие предельного равновесия

$$R_i = fN_i + Cdl = fN_i + C\frac{dx}{\cos\vartheta_i}, \qquad (3)$$

где $f = \operatorname{tg}\varphi$ – коэффициент внутреннего трения (тангенс угла внутреннего трения); N_i – нормальная реакция площадки скольжения; C – сцепление массива горных пород; dl, dx – соответственно дифференциалы дуги и аргумента.

Составим условие равновесия по направлению нормали к площадке скольжения

$$N_i - P_i \cos\vartheta_i - \Delta T(x)\cos\vartheta_i + \Delta E(x)\sin\vartheta_i = 0. \quad (4)$$

Используя выражения (2), (3) и (4), запишем условие равновесия отсека в общем виде:

$$\begin{bmatrix} \Delta E(x)(1+f\,\mathrm{tg}\,\vartheta_i) + \Delta T(x)(\mathrm{tg}\,\vartheta_i - f) + \\ +P_i(\mathrm{tg}\,\vartheta_i - f) - C(1+\mathrm{tg}^2\vartheta_i)dx \end{bmatrix} \cos\vartheta_i \delta S_i = 0. \quad (5)$$

Преобразуем уравнение (5), используя соотношения

$$dx \to 0 \Rightarrow \Delta E(x) = dE(x) = dE,$$

$$\Delta T(x) = dT,\ \Delta E(x) = \frac{\partial E}{\partial x}dx = E'dx,$$

$$\Delta T(x) = T'dx.$$

$$\begin{bmatrix} E'(1+f\,\mathrm{tg}\,\vartheta_i)dx + T'(\mathrm{tg}\,\vartheta_i - f)dx + \\ +P_i(\mathrm{tg}\,\vartheta_i - f) - C(1+\mathrm{tg}^2\vartheta_i)dx \end{bmatrix} \cos\vartheta_i \delta S_i = 0. \quad (6)$$

Запишем условие равновесия всей системы (призмы смещения), выразив возможное перемещение каждого отсека δS_i через возможное перемещение всей призмы $\delta S_{\text{ã}}$:

$$\delta S_i \cos\vartheta_i = \delta S_{\text{r}}.$$

Кроме того, учтем следующие соотношения:

$$P_i = \gamma(\hat{y} - y)dx,\ \mathrm{tg}\,\vartheta_i = y',$$

где γ – объемный вес горных пород; $\hat{y}, y$ – функции линий откоса и поверхности скольжения, соответственно; y' – производная функции поверхности скольжения.

Таким образом, имеем условие равновесия призмы смещения в виде:

$$\int \begin{bmatrix} \gamma(\hat{y} - y)(y' - f) - C(1+y'^2) + \\ +E'(1+fy') + T'(y' - f) \end{bmatrix} dx\delta S_{\text{r}} = 0. \quad (7)$$

Преобразуем условие равновесия (7) к виду

$$\int \left[\gamma(\hat{y} - y)(y' - f) - C(1+y'^2) + (T' + fE')y'\right]dx + \\ +(E_1 - E_0) - f(T_1 - T_0) = 0, \quad (8)$$

где T_0, E_0, T_1, E_1 – внешние касательные и нормальные реакции на вертикальных гранях призмы смещения, соответственно слева и справа.

Если в уравнении (7) принять $E' = T' = 0$, то получим функционал Ю. И. Соловьева [6], выведенный, как указывает Ю. И. Соловьев, из предположения гипотетического грунта Н. М. Герсеванова. Данный функционал на предмет геометрии поверхности скольжения был исследован А. Г. Дорфманом [7]. Однако заметим, что гипотетический грунт предусматривает отсутствие только касательных межблоковых реакций (общая реакция – горизонтальна). Выясним физический смысл функционала Ю. И. Соловьева:

$$\sum \frac{\left(\gamma h \sin\vartheta_i \cos\vartheta_i - f\gamma h \cos^2\vartheta_i - C\right)dl}{\cos\vartheta_i} = \\ = \sum \frac{(\tau - f\sigma_n - C)dl}{\cos\vartheta_i},$$

где τ, σ_n – касательное и нормальное напряжение на площадке скольжения; h – высота отсека.

Как видим, функционал Ю. И. Соловьева представляет собой сумму горизонтальных векторов сил, проекции которых на площадки скольжения отсеков равны алгебраической сумме проекций внешних сил на ту же площадку. Такой результат является следствием неучета работы межблоковых реакций; выясним, в каком случае это оправданно. Потребуем в выражении (8) выполнения условий $\int T'y'dx = 0, \int fE'y'dx = 0$, тогда, согласно лемме Дю-Буа–Реймонда [8], при отсутствии внешних касательных и нормальных составляющих реакций будем иметь $y' = \text{const}$.

Таким образом, для того чтобы межблоковые реакции на возможном перемещении всей призмы не совершали работу, т. е. их можно было бы не учитывать при расчете (идеальные межблоковые связи, $\sum \delta A_k^r = 0$), необходимо выполнение двух условий: 1) $T_0 = E_0 = T_1 = E_1 = 0$; 2) $y' = \text{const}$ (поверхность скольжения – плоскость). С другой стороны, при выполнении только второго условия межблоковые реакции работу совершать также не будут. Они выйдут из-под знака интеграла и будут считаться внешними,

действующими на призму смещения (или ее часть) по вертикальным граням крайних отсеков.

Зададимся вопросом: как должны распределяться между собой касательная и нормальная составляющие межблоковой реакции, чтобы при перемещении отсека они совершали экстремальную работу? Таким образом, имеем задачу линейного программирования

$$E'\left(1+ f\text{tg}\ \vartheta_i\right)dx + T'\left(\text{tg}\ \vartheta_i - f\right)dx \to \text{extr}.$$

Градиент функции в этом случае имеет координаты $\overline{\text{grad}} = \left\{1+ f\text{tg}\vartheta_i, \text{tg}\vartheta_i - f\right\}$, поэтому экстремальную работу на перемещении реакция будет производить при следующем условии (рис. 2):

$$\frac{\partial T}{\partial E} = \frac{T'}{E'} = \frac{\text{tg}\ \vartheta_i - f}{1+ f\text{tg}\ \vartheta_i} = \text{tg}\left(\vartheta_i - \varphi\right). \qquad (9)$$

Докажем справедливость равенства (9). Доказательство можно дать на основе принципа наименьшего принуждения, открытого К. Ф. Гауссом в 1829 г. [9]. Принципу К. Ф. Гаусса, в частности, можно дать энергетическое толкование, которое И. И. Рахманинов назвал началом наименьшей потерянной работы [9]: действительное движение среди кинематически возможных выделяется тем, что для него работа реакций связей на путях отклонения этого движения от свободного движения в каждый данный момент есть минимум. Если мы мысленно уберем реакцию смежного отсека, т. е. заменим несвободное движение свободным, то направление движения отсека не изменится. Поэтому угол наклона вектора отклонения несвободного движения от свободного совпадает с углом наклона площадки скольжения. Работа реакции в этом случае определится зависимостью:

$$A_R = R\left[f\ \sin\left(\xi - \vartheta_i\right) - \cos\left(\xi - \vartheta_i\right)\right]\Delta S_i,$$

где R – реакция смежного отсека; ξ – угол наклона реакции к горизонту; ΔS_i – перемещение отсека по площадке сдвига.

Учитывая, что величины R и произвольны и постоянны, для выполнения условия экстремума работы приравняем ее производную по ξ к нулю. Откуда

$$\xi = \vartheta_i - \varphi.$$

Из принципа К. Ф. Гаусса также следует, что для действительного движения системы реакции связей минимальны (М. В. Остроградский, 1836) [9]. Равновесие является одним из истинных состояний системы. Поэтому, формализуя задачу, необходимо найти такой угол ξ, чтобы удержать в равновесии отсек минимальной по величине силой R. Решение поставленной задачи приводит к тем же результатам.

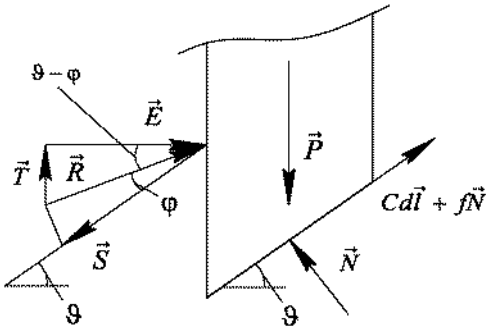


Рис. 2. Направление межблоковой реакции

Согласно уравнению (9), направление реакции не зависит от формы отсека, а зависит от угла наклона его основания. Таким образом, при разбиении призмы смещения на отсеки плоскостями, наклоненными к оси x под углами $\vartheta_i + 90^\circ - \varphi$, на них будут действовать только нормальные реакции. Данные площадки соответствуют площадкам линий второго семейства поверхностей скольжения в методе предельного напряженного состояния, однако в последнем случае они являются предельно напряженными.

Решаем совместно уравнения (6) и (9) относительно производных функций межблоковых реакций:

$$T' = -\frac{\gamma\left(\bar{y} - y\right)\left(y' - f\right)^2 - C\left(1+y'^2\right)\left(y' - f\right)}{\left(1+f^2\right)\left(1+y'^2\right)}. \quad (10)$$

$$E' = -\frac{\gamma\left(\bar{y} - y\right)\left(y' - f\right)\left(1+fy'\right) - C\left(1+y'^2\right)\left(1+fy'\right)}{\left(1+f^2\right)\left(1+y'^2\right)}. \quad (11)$$

Подставляем полученные соотношения (10) и (11) в уравнение (8), и после преобра-

зований необходимое и достаточное условие равновесия призмы смещения представляется в виде:

$$\int\left[\frac{\gamma\left(\hat{y}-y\right)\left(y'-f\right)-C\left(1+y'^2\right)}{1+fy'}\right]dx+$$
$$+\left(E_1-E_0\right)=0. \qquad (12)$$

Отметим, что касательная составляющая межблоковой реакции не может превышать величины кулоновского сопротивления сдвигу. Функционал, реализующий предельное равновесие по боковым поверхностям отсеков, исследован автором в диссертации [1].

Выясним физический смысл функционала (12):

$$\sum\left(\gamma h\sin\vartheta_i\cos\vartheta_i-f\gamma h\cos^2\vartheta_i-C\right)dl\cos\vartheta_i=$$
$$=\sum\left(\tau-f\sigma_n-C\right)dl\cos\vartheta_i.$$

Таким образом, необходимым и достаточным условием равновесия призмы смещения или ее части является нуль-вектор алгебраической суммы проекций внешних сил, действующих по площадке скольжения каждого отсека на горизонтальную ось.

Пусть имеется ненагруженный откос несвязных пород. Кроме того, предположим, что поверхность скольжения пересекает линию откоса, т. е. на концах интервала выполняется условие $\hat{y}-y=0$. В этом случае, согласно лемме Лагранжа [8], из уравнения (12) будем иметь $y'=f$ во всех точках. То есть поверхность скольжения представляет собой плоскость, наклоненную к горизонту под углом φ..

Анализируя уравнение (6), замечаем, что при условии $0\le\vartheta_i\le\varphi$ работа касательной составляющей межблоковой реакции становится положительной, что, согласно теореме Манабреа [10], невозможно. Поэтому на этом участке реакция горизонтальна (рис. 3). В этом случае производная межблоковой реакции определится формулой:

$$E'=-\frac{\gamma\left(\hat{y}-y\right)\left(y'-f\right)-C\left(1+y'^2\right)}{\left(1+fy'\right)},$$

а условие равновесия призмы (или ее части) примет вид:

$$\int\left[\frac{\gamma\left(\hat{y}-y\right)\left(y'-f\right)-C\left(1+y'^2\right)}{1+fy'}\right]dx+$$
$$+\left(E_1-E_0\right)=0. \qquad (13)$$

Функционал (13) достаточно подробно исследован автором в работе [1].

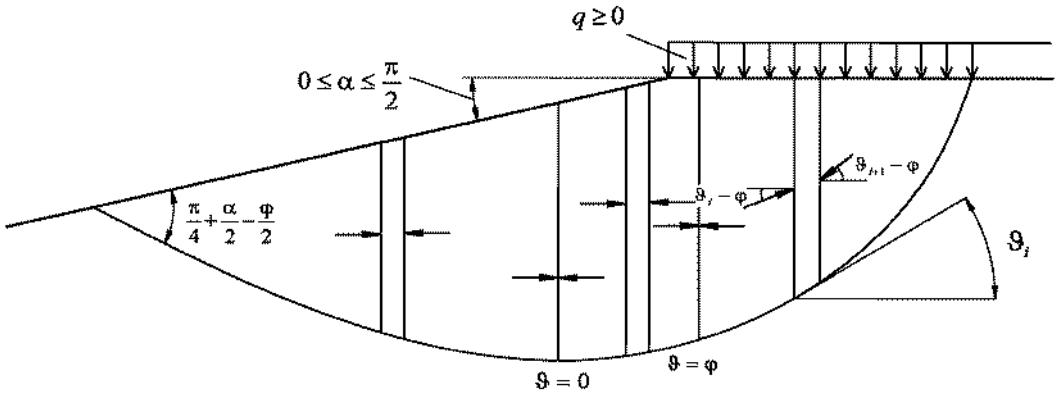


Рис. 3. Распределение реакций на различных участках поверхности скольжения

На участке $\left(\vartheta_i\le0\right)$ касательная составляющая межблоковой реакции также отсутствует ввиду увеличения угла наклона поверхности скольжения по мере приближения к откосу. Таким образом, на пассивном участке $\left(\vartheta_i\le\varphi\right)$ межблоковая реакция всюду горизонтальна (рис. 3). Как показано в работе [1], угол выхода поверхности скольжения в откос (угол между откосом и поверхностью скольжения в точке их пересечения) для функционала (13) определяется формулой $\varepsilon=\frac{\pi}{4}+\frac{\alpha}{2}-\frac{\varphi}{2}$, а для сыпучих пород поверх-

ность скольжения совпадает с откосом (рис. 3). Приняв при расчете оснований сооружений $\alpha = 0$, получим $\varepsilon = \frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2}$, что совпадает с известным результатом статики сыпучих сред.

Таким образом, условие равновесия для всей призмы смещения свободного откоса имеет вид:

$$\int_{\vartheta \le \varphi} \left[\frac{\gamma\left(\bar{y} - y_1\right)\left(y_1' - f\right) - C\left(1 + y_1'^2\right)}{1 + f y_1'} \right] dx + \int_{\vartheta > \varphi} \left[\frac{\gamma\left(\bar{y} - y_2\right)\left(y_2' - f\right) - C\left(1 + y_2'^2\right)}{1 + y_2'^2} \right] dx = 0. \quad (14)$$

Перейдем к рассмотрению решения задачи по нахождению потенциальной поверхности скольжения в однородных откосах общего вида (плоских) и определению их предельных параметров. Заметим, что поверхность скольжения в этом случае будет проходить как под откосом, так и под горизонтальной площадкой (бермой).

Условие равновесия призмы смещения (14) получено из предположения равновесия каждого отсека, т. е. выполнения предельного равновесия в каждой точке поверхности скольжения. Условия равновесия (5), (6) будут выполняться при произвольной высоте отсека, однако вес должен быть необходимым и достаточным для выполнения условия предельного равновесия при заданной форме откоса и физико-механических характеристиках горных пород. Предположим, найдется такой параметр $n > 0$, одинаковый для всех отсеков, что если разделить на него величину сцепления (или умножив объемный вес), то условие предельного равновесия будет выполняться в каждой точке поверхности скольжения. Поместим начало системы координат в точку пересечения поверхности скольжения с откосом, получим следующую задачу вариационного исчисления для нахождения наиболее опасной поверхности скольжения свободного откоса:

$$\int_{\vartheta \le \varphi} \left[\frac{\left(kx - y_1\right)\left(y_1' - f\right) - \lambda\left(1 + y_1'^2\right)}{1 + f y_1'} \right] dx + \int_{\vartheta > \varphi} \left[\frac{\left(kx - y_2\right)\left(y_2' - f\right) - \lambda\left(1 + y_2'^2\right)}{1 + y_2'^2} \right] dx + \int_{\vartheta > \varphi} \left[\frac{\left(H - y_3\right)\left(y_3' - f\right) - \lambda\left(1 + y_3'^2\right)}{1 + y_3'^2} \right] dx \to \text{extr}. \quad (15)$$

где – тангенс угла наклона откоса; H – высота откоса; λ – заведомо неизвестный параметр, определяющий предельную высоту плоского откоса, $\lambda = C / \gamma n$.

Ввиду важнейшего свойства вариации функционалов (вариация суммы равна сумме вариаций), для решения поставленной задачи необходимо определить функции, доставляющие экстремум каждому из функционалов в отдельности. Рассмотрим первый функционал (15). Уравнение Л. Эйлера [8] для данного функционала представляет собой нелинейное относительно производных дифференциальное уравнение второго порядка. Поэтому для упрощения его решения необходимо произвести замену переменных в функционале, тем самым понизив порядок уравнения, и возвратиться к прежним переменным. Например, можно принять

$$\begin{cases} kx - y_1 = y; \\ x = x. \end{cases}.$$

Граничным условием для определения произвольной постоянной в уравнении Л. Эйлера является условие трансверсальности [8], в принятой системе координат оно имеет вид

$$y_1'\left(x = 0\right) = -\text{tg}\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\alpha + \varphi}{2}\right).$$

Вторым условием для принятой системы координат является $y_1\left(0\right) = 0$.

Если воспользоваться условием трансверсальности, уравнение, определяющее опасную поверхность скольжения, в принятой системе координат будет иметь вид

$$kx - y_1 = \lambda \frac{\left(kf - 1\right) y_1'^2 + 2\left(k + f\right) y_1' + 1 - kf}{f y_1'^2 - 2 f^2 y_1' + k - f + kf^2}. \quad (16)$$

Аналогичным образом для второго функционала (15) имеем дифференциальное урав-

нение

$$kx - y_2 = \left(\lambda + C_1\right)\frac{\left(1+y_2'^2\right)^2}{2y_2'^3 - \left(k+3f\right)y_2'^2 + 2kfy_2' + k - f}. \quad (17)$$

Произвольную постоянную C_1 определим из условия

$$kx - y_1\Big|_{y_1'=\operatorname{tg}\varphi} = kx - y_2\Big|_{y_2'=\operatorname{tg}\varphi}.$$

Таким образом, окончательно будем иметь уравнение:

$$kx - y_2 = \lambda\frac{1+kf}{1+f^2}\cdot\frac{\left(1+y_2'^2\right)^2}{2y_2'^3 - \left(k+3f\right)y_2'^2 + 2kfy_2' + k - f}. \quad (18)$$

Перейдем к определению условия для поверхности скольжения в точке стыка участков откоса и горизонтальной площадки, т. е. условия на прямой $x = H\operatorname{ctg}\alpha$. Рассматриваются два последних интеграла (15), что приводит к разрывной задаче второго рода [11]. Условие в точке стыка представляет собой равенство условий трансверсальности по обе стороны от прямой $x = H\operatorname{ctg}\alpha$. Таким образом, имеем уравнение:

$$F_{2y_2'}\Big|_{x=H\operatorname{ctg}\alpha-0} = F_{3y_3'}\Big|_{x=H\operatorname{ctg}\alpha+0}. \quad (19)$$

где $F_{y'}$ – частная производная подынтегрального выражения по производной функции.

Взяв производные от подынтегральных выражений, приравняв их, а также учтя, что ординаты концов экстремалей в точке стыка равны, получим выражение:

$$y_2' = y_3'.$$

Таким образом, производные в точке стыка равны, это говорит о том, что поверхность скольжения не преломляется при переходе, например, с участка откоса уступа на участок площадки. Можно показать, что это утверждение справедливо для произвольной формы границы между смежными отсеками.

Приняв в правой части уравнения (17) $k = 0$, получим уравнение, определяющее форму опасной поверхности скольжения для третьего функционала (15):

$$H - y_3 = \left(\lambda + C_1\right)\frac{\left(1+y_3'^2\right)^2}{2y_3'^3 - 3fy_3'^2 - f}. \quad (20)$$

Для определения произвольной постоянной в этом уравнении приравняем к нулю подынтегральное выражение третьего функционала (15), что является требованием выполнения условия предельного равновесия для крайнего отсека:

$$F_3 = \frac{\gamma\left(H - y_3\right)\left(y_3' - f\right) - C\left(1+y_3'^2\right)}{1+y_3'^2} = 0.$$

В данном уравнении неизвестно значение производной функции поверхности скольжения в ее верхней точке. Для того чтобы межблоковая реакция на перемещении совершала работу, необходимо, чтобы вышерасположенный (вдоль поверхности скольжения) отсек имел большую энергию (потенциал), чем нижерасположенный. Для выполнения этого требования необходимо:

$$\frac{dF_3}{dx} > 0,$$

где F_3 – подынтегральное выражение третьего функционала (15).

Считая высоты смежных отсеков равными, получаем следующее неравенство:

$$\frac{dF_3}{dx} = y''\left(1 + 2fy' - y'^2\right) > 0. \quad (21)$$

где y'' – вторая производная функции поверхности скольжения по x.

Учитывая, что функция поверхности скольжения вогнутая, определяем максимально возможное значение производной функции поверхности скольжения. Подставляя вместо производной максимально возможное значение наклона поверхности скольжения, получим следующее граничное условие:

$$y_3'\left(x_0\right) = f + \sqrt{1+f^2} = \operatorname{tg}\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi}{2}\right),$$

$$H - y_3 = H_{90} = \frac{2C}{\gamma}\operatorname{tg}\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi}{2}\right),$$

Определяем в уравнении (20) произвольную постоянную, и окончательно уравнение будет иметь вид:

$$H - y_3 = \frac{C}{\gamma}\cdot\frac{\left(1+y_3'^2\right)^2}{2y_3'^3 - 3fy_3'^2 - f}, \quad (22)$$

Таким образом, дифференциальные уравнения, определяющие наиболее опасную поверхность скольжения, на различных участках плоского однородного откоса с учетом (16), (18), (22) имеют вид:

$$kx - y_1 = \lambda \frac{\left(kf - 1\right) y_1'^2 + 2\left(k + f\right) y_1' + 1 - kf}{f y_1'^2 - 2 f^2 y_1' + k - f + kf^2},$$

$$-\mathrm{tg}\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\alpha + \varphi}{2}\right) \le y_1' \le \mathrm{tg}\,\varphi$$

$$kx - y_2 = \lambda \frac{1 + kf}{1 + f^2} \cdot \frac{\left(1 + y_2'^2\right)^2}{2 y_2'^3 - \left(k + 3f\right) y_2'^2 + 2kf y_2' + k - f},$$

$y_2' > \mathrm{tg}\,\varphi$, откос

$$H - y_3 = \frac{C}{\gamma} \cdot \frac{\left(1 + y_3'^2\right)^2}{2 y_3'^3 - 3 f y_3'^2 - f},$$

$$\mathrm{tg}\,\varphi < y_3' \le \mathrm{tg}\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi}{2}\right), \text{берма} \qquad (23)$$

Для определения производной функции поверхности скольжения в точке стыка откоса и бермы необходимо приравнять правые части выражений (18) и (22) и решить полученное уравнение относительно производной. Пусть значение производной в точке стыка участков равно b, тогда несложно увидеть, что

$$b = b\left(\alpha, \varphi, \frac{C}{\lambda\gamma}\right).$$

Представим уравнения, определяющие поверхность скольжения на различных участках в символичном виде:

$$kx - y = \mu\eta\left(p\right),$$

где $p \equiv y'$ – параметр.

Тогда $d\left(kx - y\right) = \mu\eta'\left(p\right)dp$. Дифференцируя левую часть уравнения и принимая во внимание, что $dy = pdx$, получим систему уравнений:

$$\begin{cases} dx = \mu \dfrac{\eta'\left(p\right)}{k - p} dp; \\ dy = \mu \dfrac{\eta'\left(p\right)}{k - p} pdp. \end{cases} \qquad (24)$$

Используя уравнения (14), (23), (24), а также учтя, что

$$H = k\left(\int_0^{x_0} dx_1 + \int_{x_0}^{H/k} dx_2\right),$$

получим систему двух уравнений, определяющую предельные параметры плоских однородных откосов:

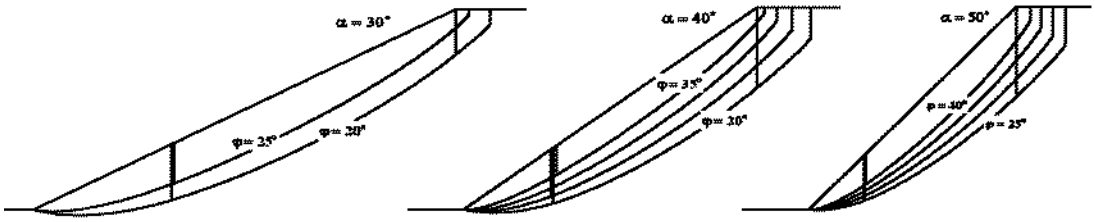


Рис. 4. Поверхности скольжения в плоских однородных откосах

$$\begin{cases} \displaystyle\int_{\mathrm{tg}\left(\frac{\alpha+\varphi}{2} - \frac{\pi}{4}\right)}^{\mathrm{tg}\,\varphi} \left[\frac{\left(p - f\right)}{1 + fp}\eta_1\left(p\right) - \frac{C}{\lambda\gamma} \cdot \frac{1 + p^2}{1 + fp}\right] \frac{\eta_1'\left(p\right)}{k - p} dp + \\ \displaystyle + \int_{\mathrm{tg}\,\varphi}^{b} \left[\frac{p - f}{1 + p^2}\eta_2\left(p\right) - \frac{C}{\lambda\gamma}\right] \frac{\eta_2'\left(p\right)}{k - p} dp + \\ \displaystyle + \left(\frac{C}{\lambda\gamma}\right)^2 \int_b^{\mathrm{tg}\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi}{2}\right)} \left[\frac{p - f}{1 + p^2}\eta_3\left(p\right) - 1\right] \frac{\eta_3'\left(p\right)}{-p} dp = 0; \\ \displaystyle\int_{\mathrm{tg}\left(\frac{\alpha+\varphi}{2} - \frac{\pi}{4}\right)}^{\mathrm{tg}\,\varphi} \frac{\eta_1'\left(p\right)}{k - p} dp + \int_{\mathrm{tg}\,\varphi}^{b} \frac{\eta_2'\left(p\right)}{k - p} dp = \frac{H}{\lambda k}. \end{cases} \qquad (25)$$

Ширина призмы обрушения определится зависимостью

$$a = \frac{C}{\gamma} \int_b^{\mathrm{tg}\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi}{2}\right)} \frac{\eta_3'\left(p\right)}{-p} dp.$$

Для построения поверхности скольжения необходимо произвести интегрирование уравнений (24) при различных значениях верхнего предела. В результате будем последовательно получать координаты точек поверхности скольжения.

По результатам численного интегрирования были построены поверхности скольже-

ния для некоторых значений углов откоса и внутреннего трения в предельном равновесии (рис. 4). Вертикальными линиями на рисунках отсечены точки поверхностей скольжения с углом наклона, равным углу внутреннего трения горных пород, а также границы участков откоса и горизонтальной площадки (бермы). Для построения поверхностей скольжения был принят пятиградусный интервал углов внутреннего трения.

Как показали результаты численного решения задачи, параметр λ для плоских однородных откосов зависит от углов откоса, внутреннего трения и соотношения C/γ, стремится к нулю при $\alpha \to 90^\circ$ и равен $2C/\gamma$ в случае $\alpha \to \varphi$.

В результате численного решения уравнений (25) определены предельные параметры плоских однородных откосов, а также вычислены отношения ширины призмы обрушения к высоте откоса a/H в предельном состоянии. Данные сведены в табл. 1.

Таблица 1

Значения отношений C H (сверху), a/H (по центру) и $C/\gamma\lambda$ (снизу) для предельно устойчивых плоских однородных

Угол устойчивого откоса α, град	Угол внутреннего трения φ, град: 15	20	25	30	35	40
20	0,0154 0,121 0,512	0 0 $2C/\gamma$				
25	0,0326 0,207 0,512	0,0116 0,075 0,521	0 0 $2C/\gamma$			
30	0,0484 0,259 0,513	0,0260 0,141 0,527	0,0093 0,052 0,529	0 0 $2C/\gamma$		
35	0,063 0,290 0,513	0,040 0,187 0,533	0,022 0,104 0,542	0,0078 0,039 0,536	0 0 $2C/\gamma$	
40	0,0771 0,309 0,515	0,0539 0,219 0,541	0,0346 0,144 0,554	0,0188 0,082 0,556	0,0068 0,031 0,544	0 0 $2C/\gamma$
45	0,091 0,320 0,518	0,067 0,242 0,548	0,048 0,175 0,568	0,031 0,117 0,576	0,0169 0,067 0,572	0,0061 0,026 0,553
50	0,105 0,325 0,523	0,081 0,257 0,559	0,0609 0,198 0,584	0,0432 0,146 0,599	0,0281 0,099 0,600	0,0155 0,058 0,589
55	0,120 0,327 0,529	0,096 0,268 0,571	0,075 0,216 0,603	0,056 0,168 0,625	0,040 0,125 0,633	0,026 0,086 0,628
60	0,135 0,324 0,538	0,111 0,273 0,589	0,089 0,228 0,629	0,070 0,186 0,658	0,053 0,147 0,674	0,038 0,111 0,676
65	0,152 0,317 0,552	0,128 0,273 0,614	0,106 0,233 0,667	0,086 0,197 0,704	0,068 0,163 0,728	0,052 0,131 0,737
70	0,1719 0,304 0,574	0,147 0,269 0,649	0,124 0,235 0,714	0,1035 0,203 0,769	0,084 0,175 0,803	0,067 0,146 0,824
75	0,195 0,286 0,610	0,1687 0,258 0,704	0,1456 0,229 0,794	0,124 0,204 0,862	0,104 0,179 0,917	0,086 0,155 0,954
80	0,2242 0,2548 0,684	0,198 0,232 0,820	0,173 0,211 0,943	0,150 0,192 1,05	0,128 0,174 1,12	0,109 0,155 1,18

85	0,266 0,202 0,880	0,2378 0,186 1,11	0,211 0,173 1,32	0,186 0,161 1,49	0,163 0,148 1,64	0,141 0,136 1,75
87,5	0,298 0,153 1,211	0,2678 0,145 1,553	0,240 0,137 1,87	0,214 0,127 2,17	0,189 0,118 2,44	0,166 0,109 2,65
89,9	0,3655 0,035 6,45	0,333 0,034 8,62	0,302 0,032 10,89	0,273 0,030 12,8	0,245 0,029 14,6	0,219 0,027 16,1
90	0,3837 0 ∞	0,3501 0 ∞	0,3185 0 ∞	0,2887 0 ∞	0,2603 0 ∞	0,2332 0 ∞

По данным табл. 1 построена номограмма устойчивости плоских однородных откосов (рис. 5).

Часто в практике открытых горных работ встает задача по определению ширины призмы обрушения, по данным табл. 1 построена номограмма для определения ее величины (рис. 6).

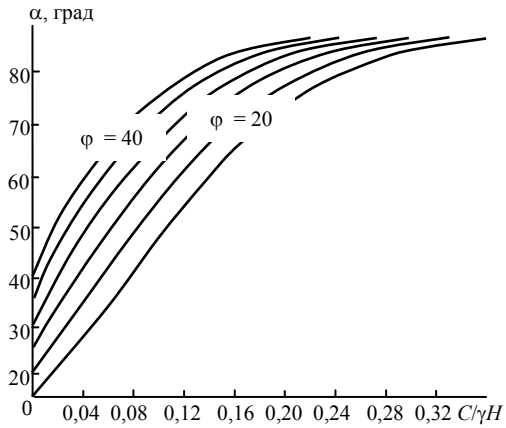


Рис. 5. Номограмма устойчивости однородных плоских откосов

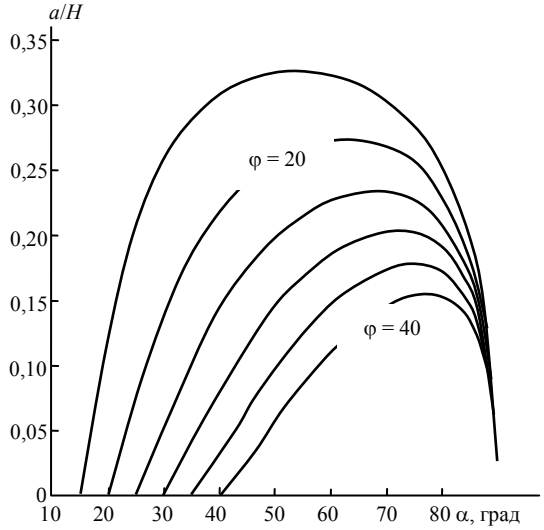


Рис. 6. Номограмма для определения ширины призмы обрушения

Перейдем к рассмотрению условий устойчивости анизотропных откосов. Под анизотропией в общем случае будем понимать систему поверхностей ослабления с характеристиками паспорта прочности C' и $f' = \mathrm{tg}\,\varphi'$, как правило, меньшими показателей прочности массива C и φ. Рассмотрим вначале произвольный плоский откос, разрушение которого произойдет по поверхности скольжения, полностью совпадающей с плоской поверхностью ослабления (рис. 7).

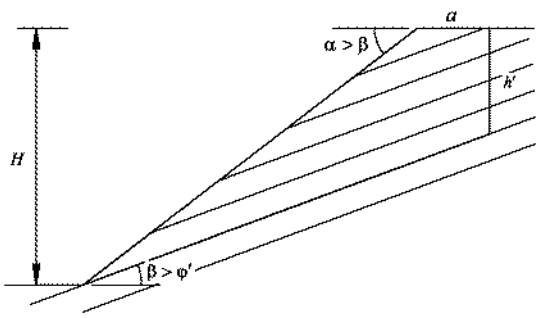


Рис. 7. Схема к расчету предельных параметров анизотропного откоса

Очевидно, из постановки задачи имеем условие $\alpha > \beta$. Если $\beta < \varphi'$, то разрушение откоса произойти не может, поэтому будем исходить из неравенства $\beta > \varphi'$. Поместим начало прямоугольной системы координат в точку выхода поверхности ослабления в откос, тогда условие равновесия призмы смещения примет вид:

$$\int_0^{H\operatorname{ctg}\alpha}\left[\frac{\gamma\left(\operatorname{tg}\alpha x-\operatorname{tg}\beta x\right)\left(\operatorname{tg}\beta-f'\right)}{1+\operatorname{tg}^2\beta}-C'\right]dx+$$

$$+\int_{H\operatorname{ctg}\alpha}^{H\operatorname{ctg}\alpha+a}\left[\frac{\gamma\left(H-\operatorname{tg}\beta x\right)\left(\operatorname{tg}\beta-f'\right)}{1+\operatorname{tg}^2\beta}-C'\right]dx=0. \quad (26)$$

Из геометрических построений ширина призмы обрушения a выражается формулой

$$a=\frac{H\left(1-\operatorname{tg}\beta\operatorname{ctg}\alpha\right)-h'}{\operatorname{tg}\beta}, \quad (27)$$

где h' – высота трещины отрыва в анизотропных откосах.

Значение высоты трещины отрыва, очевидно, определяется из выражения

$$\frac{\gamma h'\left(\operatorname{tg}\beta-\operatorname{tg}\varphi'\right)}{1+\operatorname{tg}^2\beta}-C'=0,$$

откуда

$$h'=\frac{C'}{\gamma}\cdot\frac{1+\operatorname{tg}^2\beta}{\operatorname{tg}\beta-\operatorname{tg}\varphi'}=\frac{C'}{\gamma}\frac{\cos\varphi'}{\cos\beta\sin\left(\beta-\varphi'\right)}. \quad (28)$$

Решая уравнение (26) совместно с (27) и (28), предельную высоту откоса выразим зависимостью:

$$H=h'\frac{\operatorname{tg}\alpha+\sqrt{\operatorname{tg}\alpha\operatorname{tg}\beta}}{\operatorname{tg}\alpha-\operatorname{tg}\beta}=\frac{h'}{1-\sqrt{\operatorname{ctg}\alpha\operatorname{tg}\beta}}. \quad (29)$$

Формула (29) рекомендуется Правилами обеспечения устойчивости откосов [12] и получена из условий геометрической статики. Однако, как показано ранее, она является следствием более общего уравнения равновесия. Заметим, что в случае, когда $\beta>\frac{\pi}{4}+\frac{\varphi'}{2}$, в качестве условия равновесия необходимо использовать функционал Ю. И. Соловьева [6], так как в этом случае межблоковые реакции не проявляются в силу неравенства (21). Однако для случая, рассмотренного выше, приходим к тем же результатам, т. е. к уравнению (29).

Рассмотрим теперь более общий случай потери устойчивости анизотропного откоса и методику определения предельных параметров такого откоса (рис. 8). В этом случае поверхность скольжения может частично совпадать с поверхностями анизотропии и проходить вкрест нее, подобно поверхности в однородном откосе. В этом случае условие равновесия, а также угол излома θ существенно зависят от координат точек излома, угла падения поверхностей ослабления, а также от физико-механических свойств пород вдоль плоскостей анизотропии и вкрест нее.

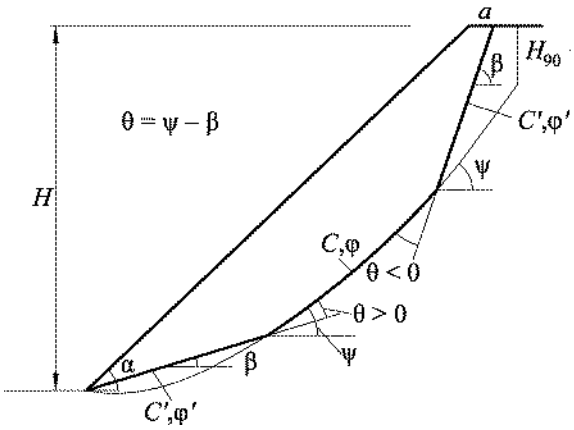


Рис. 8. Поверхность скольжения в анизотропном откосе

Ограничимся рассмотрением следующей расчетной схемы. Пусть в массиве имеются плоские поверхности ослабления, падающие в сторону выработанного пространства под углом $\beta>\varphi'$ к оси x. В этом случае поверхность скольжения может частично совпадать с поверхностями ослабления. Необходимо определить условие в точке пересечения этих поверхностей с криволинейной частью поверхности скольжения, построенной для изотропной части массива на участке $\vartheta>\varphi$. Формализация поставленной задачи с использованием уравнения (14) приводит к разрывной вариационной задаче второго рода

$$\int_{x_1}^{x_0}\frac{\left(\bar{y}-y\right)\left(y'-f\right)-\lambda\left(1+y'^2\right)}{1+y'^2}dx+$$

$$F_1+\left(\Phi'-y_1'\right)F_{1y_1'}=F_2+\left(\Phi'-y_2'\right)F_{2y_2'}, \quad (30)$$

где g – постоянная; $\lambda'=\frac{C'}{\gamma n}=\frac{C'}{C}\lambda$ – параметр.

Условие в точке излома поверхности скольжения имеет вид [11]:

$$+\int_{x_0}^{x_2}\frac{\left(\bar{y}-\operatorname{tg}\beta x-g\right)\left(\operatorname{tg}\beta-f'\right)-\lambda'\left(1+\operatorname{tg}^2\beta\right)}{1+\operatorname{tg}^2\beta}dx\to\text{extr}, \quad (31)$$

где F_1, F_2 – подынтегральные выражения слагаемых (30); $F_{1y_1'}$, $F_{2y_2'}$ – частные производные подынтегральных выражений по произ-

водной функции поверхности скольжения; Φ' – производная функции, по которой перемещается точка разрыва (поверхность ослабления или граница литологических слоев).

Условие (31) запишется в виде:

$$\frac{\operatorname{tg}\psi-\operatorname{tg}\varphi}{1+\operatorname{tg}^2\psi}-\frac{\operatorname{tg}\beta-\operatorname{tg}\varphi'}{1+\operatorname{tg}^2\beta}+$$

$$+\left(\operatorname{tg}\beta-\operatorname{tg}\psi\right)\frac{1+2\operatorname{tg}\varphi\operatorname{tg}\psi-\operatorname{tg}^2\psi}{\left(1+\operatorname{tg}^2\psi\right)^2}=\frac{\lambda-\lambda'}{h}, \quad (32)$$

где ψ – угол наклона поверхности скольжения к оси x (к горизонту) в точке преломления; h – глубина точки излома (расстояние по вертикали от поверхности откоса до точки излома).

Уравнение (32) определяет условие в точке стыка криволинейной части поверхности скольжения с поверхностью ослабления и содержит две неизвестных: h и ψ. В зависимости от координат точки излома и угла наклона поверхности скольжения в уравнение (32) вместо h необходимо подставить правую часть одного из уравнений (17), (20), заменив предварительно производную функции величиной $\operatorname{tg}\psi$. Абсциссу точки излома определим из условия равенства ординат (глубин) экстремалей слева и справа. Таким образом, угол наклона поверхности скольжения в точке преломления ψ и абсцисса точки излома будут зависеть от параметра λ. Для определения λ, а также предельной высоты анизотропного откоса H необходимо составить систему уравнений, подобную (25). Первое уравнение требует выполнения условия предельного равновесия вдоль поверхности скольжения, а второе осуществляет геометрическую связь между предельной высотой анизотропного откоса и параметром λ. Абсолютная величина разности углов ψ и β определит угол излома поверхности скольжения θ.

Рассмотрим задачу о преломлении поверхности скольжения вследствие ее перехода в литологический слой с иными механическими характеристиками. Аналогом поставленной задачи является задача о преломлении луча света на границе сред с разными оптическими плотностями в постановке принципа Ферма, 1660 г. [11]. Примем ψ – угол наклона поверхности скольжения к оси x до преломления (слой с параметром λ); β – угол наклона контакта литологических слоев к оси x; ω – угол наклона поверхности скольжения к оси x после преломления (слой с параметром λ'); C', φ' – механические характеристики литологического слоя, в который переходит поверхность скольжения. Составляя выражение подобное (30), и используя условие (31), получим уравнение:

$$\frac{\operatorname{tg}\psi-\operatorname{tg}\varphi}{1+\operatorname{tg}^2\psi}-\frac{\operatorname{tg}\omega-\operatorname{tg}\varphi'}{1+\operatorname{tg}^2\omega}+$$

$$+\left(\operatorname{tg}\beta-\operatorname{tg}\psi\right)\frac{1+2\operatorname{tg}\varphi\operatorname{tg}\psi-\operatorname{tg}^2\psi}{\left(1+\operatorname{tg}^2\psi\right)^2}-$$

$$-\left(\operatorname{tg}\beta-\operatorname{tg}\omega\right)\frac{1+2\operatorname{tg}\varphi'\operatorname{tg}\omega-\operatorname{tg}^2\omega}{\left(1+\operatorname{tg}^2\omega\right)^2}=\frac{\lambda-\lambda'}{h}. \quad (33)$$

Анализируя условие (31), замечаем, что в случае $C=C'$, $\varphi=\varphi'$ преломления поверхности скольжения не происходит, т. е. $\psi=\omega$. Кроме того, очевидно, что поверхность скольжения не может после преломления вернуться в первоначальный литологический слой, т. е. предельным значением угла ω является угол β. В этом случае скольжение произойдет по поверхности, параллельной или совпадающей с контактом (зависит от прочностных характеристик контакта). Приняв в уравнении (33) $\omega=\beta$, получим условие (32).

В качестве примера на рис. 9 приведены результаты определения предельных высот и построения потенциальных поверхностей скольжения для неоднородного и анизотропного откосов с использованием условий (32), (33).

Таким образом, расчет слоистого (неоднородного) откоса подобен расчету анизотропного откоса. В зависимости от количества слоев, пересекаемых поверхностью скольжения, будут добавляться неизвестные параметры, подобные λ и зависимые от него. Количество этих параметров определяется количеством литологических слоев, а их смыслом является определение размеров призмы смещения (высоты откоса), необходимых для выполнения условия предельного равнове-

сия. Для определения этих параметров, а также абсцисс точек излома на каждой границе литологического слоя необходимо, чтобы ординаты концов экстремалей в точке стыка (излома) были равны ординате функции раздела литологических слоев. В конечном итоге

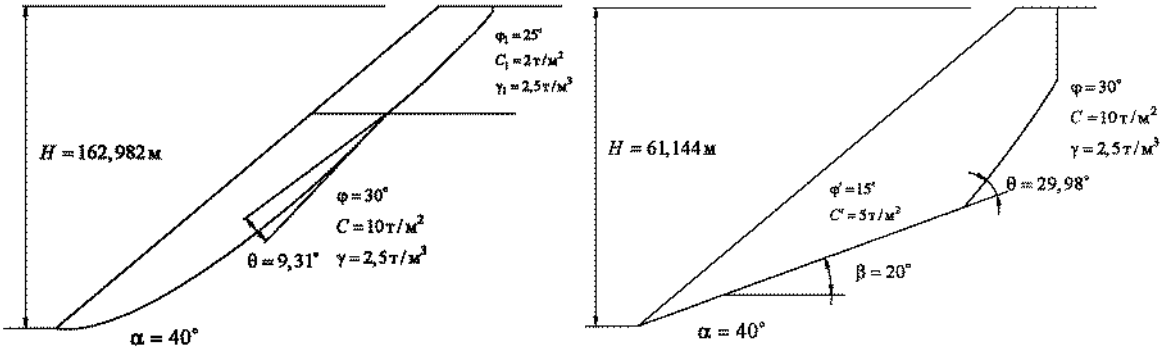


Рис. 9. Примеры расчета неоднородного и анизотропного откосов

углы поверхности скольжения по обе стороны от границ литологических слоев ψ, ω глубины точек излома, абсциссы точек излома и параметры λ', λ''... выразятся в функции от физико-механических свойств литологических слоев, угла наклона откоса, его высоты (в зависимости от условий привязки слоев к высоте откоса) и параметра λ, последние из которых находятся из уравнения предельного равновесия вдоль всей поверхности скольжения и геометрической связи параметра λ и высоты откоса. Данные условия составляются подобно уравнениям (25).

В заключение отметим, что уравнениями (32), (33) не исчерпываются все условия в точках излома, которые могут иметь место при решении задач для неоднородных и анизотропных откосов. Подобные условия находятся аналогично с использованием уравнения (31) и выбором соответствующих функционалов, описывающих условия равновесия для конкретных углов наклона поверхностей скольжения и ослабления.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Жабко А. В. Исследование закономерностей, определяющих геометрию поверхности скольжения в откосах и расчетные характеристики, в изотропных горных массивах: дис. … канд. техн. наук. Екатеринбург: УГГУ, 2009. 152 с.
2. Жабко А. В. Теория расчета устойчивости оснований и откосов // Изв. УГГУ. 2011. Вып. 25–26. С. 59–65.
3. Жабко А. В. Расчет устойчивости откосов // Маркшейдерия и недропользование. 2012. № 2. С. 55–59.
4. Жабко А. В. Предельные параметры плоских однородных откосов // Изв. вузов. Горный журнал. 2012. № 6. С. 22–25.
5. Тарг С. М. Краткий курс теоретической механики: учебник для втузов. 12-е изд., стереотип. М.: Высш. школа, 2002. 416 с.
6. Соловьев Ю. И. Устойчивость откосов из гипотетического грунта // Вопросы инженерной геологии, оснований и фундаментов. М., 1962. С. 83–97.
7. Дорфман А. Г. Вариационный метод исследования устойчивости откосов // Вопросы геотехники. Днепропетровск, 1965. С. 17–25.
8. Лаврентьев М. А., Люстерник Л. А. Курс вариационного исчисления. 2-е изд. М.: Гос. изд-во. техн.-теор. лит., 1950. 296 с.
9. Маркеев А. П. О принципе наименьшего принуждения // Соросовский образовательный журнал. 1998. № 1. С. 113–121.
10. Сопротивление материалов / Г. С. Писаренко [и др.]. Киев: Гостехиздат, 1963. 791 с.
11. Краснов М. Л., Макаренко Г. И., Киселев А. И. Вариационное исчисление. М.: Наука, 1973. 192 с.
12. Правила обеспечения устойчивости откосов на угольных разрезах. СПб., 1998. 208 с. (Минтопэнерго РФ. РАН. Гос. НИИ горн. геомех. и маркшейд. дела – Межотраслевой науч. центр ВНИМИ).

Поступила в редакцию 11 мая 2013 г.

Жабко Андрей Викторович – кандидат технических наук, доцент кафедры маркшейдерского дела. 620144, г. Екатеринбург, Куйбышева 30, Уральский государственный горный университет. E-mail: zhabkoav@mail.ru

УДК 67.05

НОВЫЕ РЕШЕНИЯ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ЛЕНТ ОБЩЕПРОМЫШЛЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ ДЛЯ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ НАСЫПНЫХ МАТЕРИАЛОВ

С. Я. Давыдов

Приведены изображения, описание и методика расчета основных параметров конструкции зарубежных систем трубчатых ленточных конвейеров (ТЛК). Установлены отличительные особенности предлагаемого и зарубежных ТЛК. Даны принципиально важные ограничения параметров ТЛК. При сворачивании ленты ТЛК даны методики нахождения наименьшего радиуса загиба трубы, ширины зазора между кромками ленты и определения основных технических характеристик конвейера. Представлены новые разработки ТЛК. Перечислены преимущества ТЛК перед ленточными конвейерами.

Ключевые слова: трубчатый ленточный конвейер (ТЛК); криволинейная трасса; диаметр трубы; переворот холостой ветви; обхватывающая лента; ширина зазора.

В последние годы в различных отраслях промышленности, в том числе и горной, все более широко применяются трубчатые ленточные конвейеры (ТЛК). Этот тип конвейера успешно применяется для транспортирования угля, дробленой руды, гипса, щебня, песка, химических, пастообразных материалов и т. д. [1–3].

Особенность известных ТЛК состоит в том, что конвейерная лента сворачивается в трубу, а ее края образуют в верхней части трубчатой поверхности зону перекрытия (края ленты перекрывают друг друга внахлест), в которой находится транспортируемый груз (рис. 1) [2]. Величина зоны перекрытия зависит от типа ленты, насыпной плотности и крупности кусков транспортируемого груза и шага установки роликоопор.

Известно, что при транспортировании ленточными конвейерами полезного ископаемого до места переработки или отгрузки потребителю приходится преодолевать значительные расстояния, которые нередко сопровождаются криволинейностями трассы конвейера как в вертикальной, так и в горизонтальной плоскости.

Технические характеристики ленточных конвейеров, работающих в горной промышленности в различных странах мира и имеющих криволинейные пространственные участки трассы, приведены в табл. 1 [2].

Рис. 1. Линейная часть ТЛК

Конвейеры транспортируют различные по насыпной плотности грузы – от никелевой руды (тяжелый материал) до лигнита (относительно легкий материал). Длина конвейеров колеблется от 1800 м до 19 100 м, а их производительность – от 800 до 8650 т/ч, при этом количество искривлений трассы – от 1 до 6 с радиусами кривизны от 500 до 4000 м.

Таблица 1

Характеристики ленточных конвейеров с криволинейной в плане трассой

Техническая характеристика	Место установки конвейера							
	Беларусь-калий (проект)	США		Турция		Германия	Куба	Чили
Длина конвейера, м	10 215	19 100	4000	8500	5500	1800	4750	4261
Число конвейеров	1	1	1	1	1	1	1	1

Продолжение таблицы 1

Мощность, кВт	3300	5 × 560	–	4 × 450	–	–	4 × 190	3 × 750
Скорость движения ленты, м/с	2,5	7,1	–	4,5	4,5	–	2,95	7
Производительность, т/ч	1700	1100	2000	1000	1000	800	800	8650
Тип транспортируемого груза	Сильвинитовая руда	Лигнит	Лигнит	Лигнит	Лигнит	Соль калийная	Никелевая руда	Медная руда
Количество поворотов трассы в плане	5	6	3	2	3	1	1	1
Радиус криволинейных участков, м	$R_1 = 500$ $R_2 = 500$ $R_3 = 1800$ $R_4 = 1750$ $R_5 = 3000$	$R_1 = 3050$ $R_2 = 2440$ $R_3 = 2600$ $R_4 = 2100$ $R_5 = 2060$ $R_6 = 3050$	$R_1 = 800$ $R_2 = 800$ $R_3 = 800$	$R_1 = 4000$ $R_2 = 4000$	$R_1 = 4000$ $R_2 = 4000$ $R_3 = 4000$	$R = 1000$	$R_1 = 3000$	$R_1 = 2500$

Возможность поворота трассы ленточных конвейеров (рис. 2–4) позволяет существенно упростить технологическую схему транспорта, сократить число перегрузочных пунктов, снизить объем подготовительных капитальных горных работ. Особенно актуальна проблема создания и применения в шахтных условиях криволинейных в плане ленточных конвейеров.

Список наиболее протяженных трубчатых конвейеров, эксплуатируемых во всем мире в горной промышленности [2] приведен в табл. 2.

Таблица 2

Список наиболее протяженных трубчатых конвейеров

Длина, км	Место установки	Фирма-производитель	Производительность, т/ч
2,1	Homestake Mining, USA	Krupp Robins	300
2,3	Huainan Coal Mining M. P., China	Krupp Robins	800
2,4	Melaka Refinery	Petronas Nova Spa	340
2,5	AES Barbers Point, Inc, USA	Krupp Robins	1100
2,8	Jordan, Phosphate, India	Koch, Austria	1250
3,4	Utah, Fuel Company, USA	Krupp Robins	1250
3,4	Indo Gulf Copper Smelter, India	Conveyor Kit	1800
5,0	Fluor Daniel – Lagoven, USA	Krupp Robins	300
8,2	Cementos Lima, Peru	Koch, Austria	550 т/ч – уголь, 690 т/ч – цемент

Допустимый радиус кривизны в плане осевой линии трассы ленточного конвейера определяется прежде всего устойчивым движением ленты (отсутствием бокового схода) при отсутствии груза на ленте криволинейного участка для такой схемы загрузки конвейера по длине, когда на этом участке возникают максимально возможные натяжения.

Допустимый радиус кривизны в плане трассы ленточного конвейера, исходя из условия отсутствия бокового схода ленты на криволинейном участке, может быть определен из формулы, м:

$$R = \frac{S\left(1 - f\sin\gamma\right)}{q_л\left(\sin\gamma + f\right)},$$

где S – натяжения в ленте на участке кривизны в плане трассы конвейера, Н; f – коэффициент трения ленты по роликоопорам, установленным на криволинейном участке трассы; $q_л$ – линейная нагрузка, Н/м; γ – угол наклона в вертикальной плоскости роликоопоры, установленной на криволинейном участке трассы конвейера.

Диаметр трубчатой ленты конвейера $d_{тр}$ является одним из основных конструктивных параметров конвейера. Величина максимального размера куска транспортируемого груза $a_1(\max)$ находится в зависимости от диаметра трубы $d_{тр}$ (табл. 2) [2] и связана с ним соотношением, мм

$$a_1(\max) = 0{,}3d_{тр}.$$

От величины диаметра трубчатой ленты $d_{тр}$ зависят такие конструктивные параметры

конвейера, как [2]:

– длины переходных участков, на которых происходит сворачивание ленты в трубу и ее

Рис. 2. Ленточный конвейер фирмы «BEUMER» (Германия) в провинции Сычуань, Китай

Производительность конвейера …….....	1500
Транспортируемый материал …….....	Известняк
Общая длина, м …….....	12 600
Ширина ленты, м …….....	1,2
Скорость ленты, м/с …….....	4,0
Разница высот между погрузкой и разгрузкой, м ..	100
Мощность привода, кВт ……..……	6 г
(3 привода – на загрузке, 3 – на разгрузке)	
Горизонтальные повороты, шт. ……	8
Вертикальные повороты, шт. ……..…	28
Минимальный радиус, м	
выпуклых участков ……....….	500
вогнутых участков ……	1000
Угол наклона участков, град ……	До + 15°

а

б

Рис. 3. Установка трубчатых ленточных конвейеров:
а – в галерее фирмы КОСН (Германия), транспортирование сжиженного угля на ТЭЦ; *б* – на поверхности угольной шахты [2]

линейных и криволинейных участков трассы промежуточных приводов, приводящих к уменьшению натяжения в ленте, а следовательно к уменьшению радиусов кривизны трассы конвейера.

3. Установка на криволинейных, пространственных участках трассы специальных роликоопор, позволяющих сохранять стабильное движение ленты на этих участках (исключить сход ленты с поддерживающих роликоопор).

разворачивание определяется из соотношений:

для резинотканевых лент $d_{тр} \times (25{,}0\ldots35{,}0)$ мм;

для резинотросовых лент $d_{тр} \times 45{,}0$ мм;

– радиусы криволинейных участков конвейеров в плане, профиле, а также радиусы криволинейных участков при пространственной трассе конвейера;

для резинотканевых лент $d_{тр} \times (300{,}0\ldots900{,}0)$ мм;

для резинотросовых лент $d_{тр} \times (700{,}0\ldots1100{,}0)$ мм;

– геометрические параметры линейных секций, диаметры роликоопор;

– величина зоны перекрытия краев ленты δ, которая определяется из соотношения, мм:

$$\delta = 0{,}5 d_{тр}.$$

Факторы, влияющие на эксплуатационные характеристики ленточных конвейеров с пространственной криволинейной трассой:

1. Применение современных высокопрочных резинотканевых лент (в том числе на арамидной основе), по прочностным свойствам не уступающих резинотросовым, но имеющих меньший вес и продольный модуль упругости.

2. Установка в местах сопряжения прямо-

4. Специальный расчет пусковых и тормозных режимов конвейеров, исключающий возможность потери устойчивости ленты с грузом на криволинейных пространственных участках, а также исключение образования гофр в ленте в переходный период работы привода конвейера.

В известных ТЛК должны использоваться специальные гибкие в поперечном сечении ленты, изготовляемые за рубежом.

Зажатый грузонесущей и обхватывающей лентами транспортируемый материал по предлагаемой автором [4–7] конструкции ТЛК также образует пробку движущегося насыпного груза, что позволяет увеличить угол наклона конвейера. Транспортирование пылеобразующих материалов в герметичном состоянии дает возможность исключить их потери по трассе, уменьшить запыленность и загазованность рабочих участков. Конвейер можно прокладывать по горизонтальным криволинейным участкам с различным углом поворота.

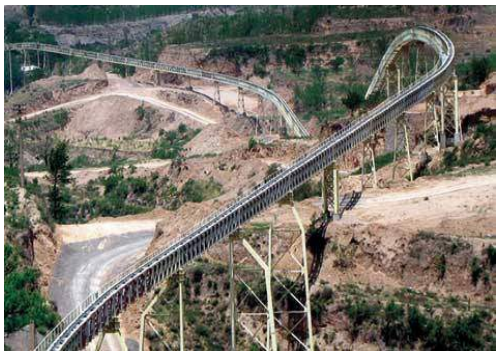


Рис. 4. Трубчатый конвейер для транспортирования гипса (Китай)

При использовании ТЛК на крутонаклонных трассах удержание транспортируемого насыпного груза на ленте осуществляется за счет сил трения его о ленту и подпора нижележащих слоев.

Радиус загиба грузонесущей ленты в полузамкнутое сечение примерно на 30 % больше по сравнению с загибом этой же ленты внахлест, что отражается на значительном снижении нагрузок от скручивающего ленту момента.

Таблица 2

Основные параметры трубчатого конвейера в зависимости от диаметра трубы

Диаметр трубы, мм	Ширина ленты, мм	Сечение материала на движущейся ленте, м^2 *	Рекомендуемая скорость ленты, м/с	Производительность конвейера, т/ч	Максимальный размер куска, мм
150	550	0,045	2,0	176	50
170	650	0,081	2,2	338	56
220	800	0,126	2,33	564	70
280	1000	0,182	2,5	884	90
330	1200	0,247	2,9	1371	110
390	1400	0,323	3,4	2073	130
450	1600	0,505	3,8	3632	150
550	1800	0,727	4,2	5796	180
640	2000	0,989	4,6	8659	215
700	2400	1,458	5	13903	230

*Площадь сечения груза на трубчатой ленте составляет 75 % от теоретически возможной площади окружности заданного диаметра.

Загиб отечественной конвейерной ленты вокруг продольных волокон прокладок (поперек поперечных волокон утка) в полузамкнутое сечение (трубчатое сечение с зазором между кромками ленты) был изучен и использован в устройствах для ее переворота с помощью прижимных роликов *9* и *10* (рис. 5) [8].

В предлагаемом устройстве переворот лент *1* для ленточных конвейеров [9, 10] обеспечивается прижимным роликом *9* в сочетании с ограничительными роликами *5* и *6* и отклоняющим барабаном (роликом) *7*, установленными на стойке *17*. Ролики *4* поперечных рам *2* и *3* предназначены для придания трубчатого или *С*-образного сечения ленте. Установкой роликов под углом наклона γ достигается оптимальная работа устройства без сдвигающих сил, что позволяет увеличить срок службы роликов и лент. На рис. 5 видно, что угол γ подъема кромок ленты зависит от расстояния L, ширины B и зазора δ между ее кромками.

Зависимости длины L_0 изгиба с переворотом ленты и диаметра D трубчатого конвейера от ширины B ленты даны на рис. 6.

При сворачивании ленты в трубу рабочей и холостой ветвей наименьший радиус трубы

$R_т$ может быть найден из соотношения [11, 12]:

$$R_т \geq \frac{Eh_с}{2\sigma_и}, \qquad (1)$$

где $R_т$ – радиус изгиба ленты до полузамкнутого состояния, $R_т = (B + b)/(2\pi)$; E – модуль упругости материала ленты; $h_с = ih$, где i – число прокладок; h – толщина прокладки.

В этом случае ширина зазора между кромками скрученной прорезиненной ленты

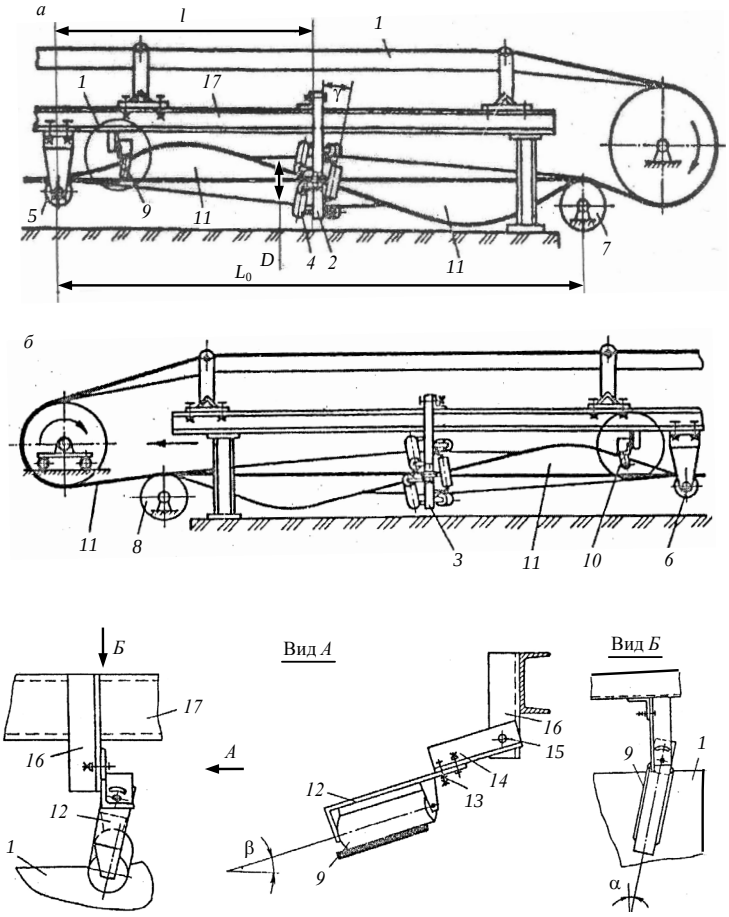


Рис. 5. Устройство для переворота холостой ветви ленты:
а – головная часть конвейера; *б* – холостая часть конвейера; *1* – лента; *2*, *3* – опорно-центрирующие узлы; *4* – ролики; 5 и *6* – ограничительные ролики; *7*, *8* – отклоняющие барабаны; *9*, *10* – прижимные ролики; *11* – верхняя кромка свернутой ленты; *12* – стойка; *13* – шарнирное соединение; *14* – консоль стойки; *15* – шарнирное соединение; *16* – кронштейн; *17* – стойка конвейера; *18, 19* – концевые барабаны

для ее грузовой ветви определится по зависимости

$$b_г \geq \frac{Eh_с\pi}{\sigma_и} - B. \qquad (2)$$

Ширина обхватывающей ленты, перекрывающей полученный зазор, принимается с коэффициентом $k_{з.г}$=1,5.

Для выбора определенной конструкции применительно к конкретным условиям на рис. 7 представлены разработанные и испытанные варианты переворота резинотканевой ленты на предприятиях России.

Для уменьшения поперечных размеров холостая ветвь ленты конвейера (рис. 8) также должна иметь полузамкнутое сечение с кромками, направленными вверх, по всей трассе [11–16]. Для этого у головного барабана холостая ветвь ленты конвейера специальными роликами переворачивается загрязненной стороной внутрь до полузамкнутого сечения с возвратом в исходное положение перед концевым барабаном.

Ролики наклонены к плоскости поперечных рам *14*, перпендикулярных оси *15*. Угол наклона роликов *13* соответствует углу α на-

клона кромок *16* этой ленты, расположенных по винту. Направляющие ролики *17* и *18* уста-

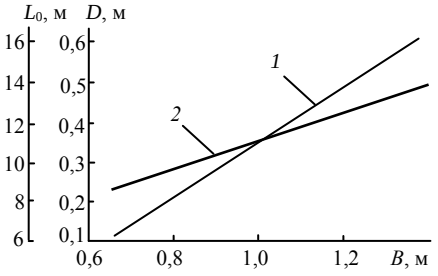


Рис. 6. Зависимость длины L_0 изгиба с переворотом ленты – *1* и диаметра *D* трубчатого ленточного конвейера – *2* от ширины *B* ленты

новлены на ставе *1* между кромками *9* свернутой порожней ветви *3* ленты вертикально до и после поддерживающих роликов *19*. Между роликами *17* и *18* у головного и хвостового барабанов *4* и *5* соответственно порожняя ветвь имеет *С*-образное сечение по всей длине кромками вверх. Расстояние установки роликов *17* и *18* по длине конвейера регулируется. Поддерживающие ролики *19* смонтированы параллельно плоскости рам *20*.

Для сохранения полузамкнутого сечения ветви *3* ленты между поддерживающими роликами *19* с загрязненной стороны ленты установлены дополнительные направляющие ролики *21* на опасных участках и местах изгиба трассы. Диаметр расположения установленных по кольцу прижимных роликов *6* вокруг свернутой грузовой ветви переворачивающих *13* и поддерживающих *19* ветвей ленты

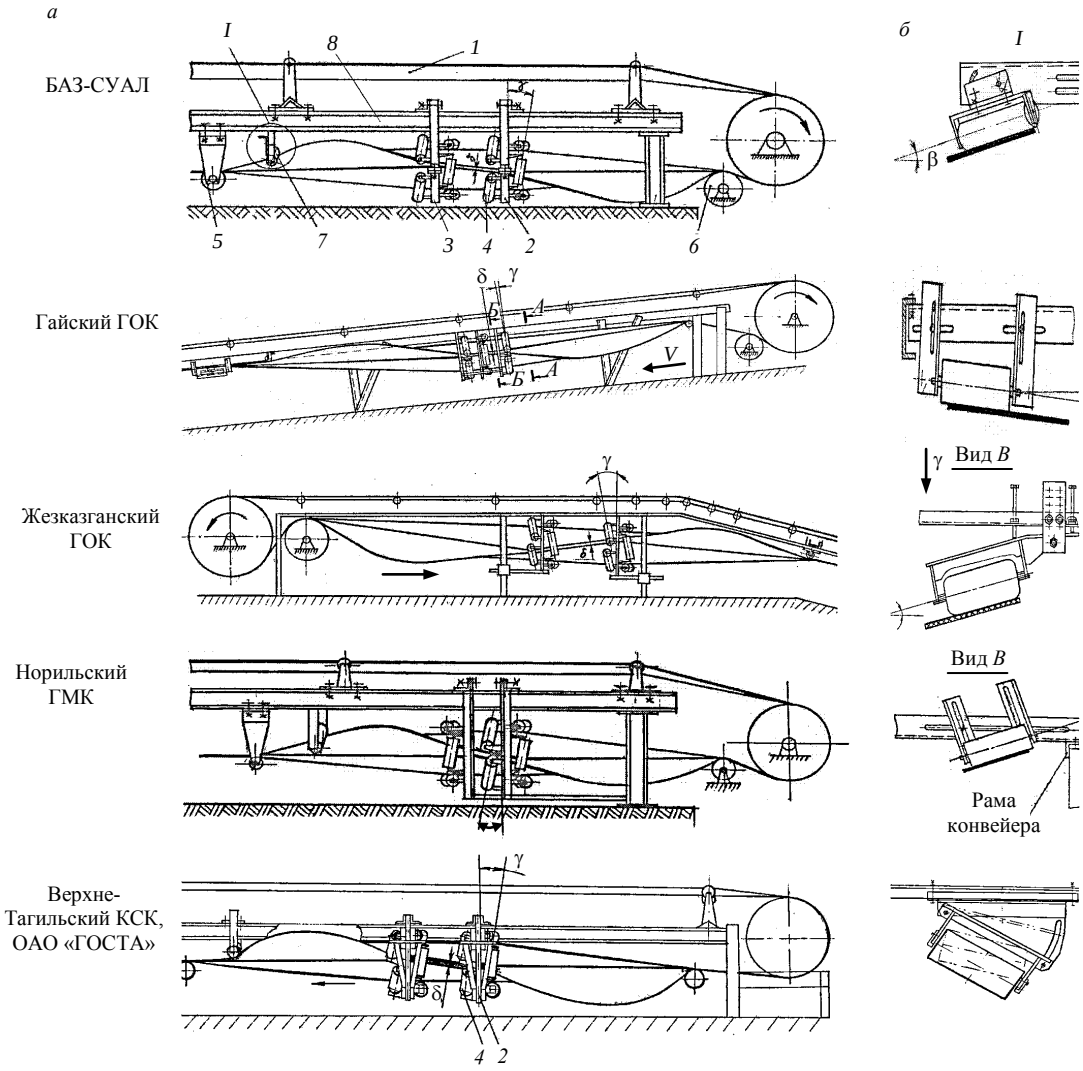


Рис. 7. Варианты переворота нижней ветви прорезиненной ленты:
а – узлы переворота ленты; *б* – варианты установки прижимного ролика; *1* – конвейерная лента; *2*, *3* – поперечная рама; *4* – ролики; *5* – ограничительный ролик; *6* – отклоняющий барабан; *7* – прижимной ролик; *8* – рама конвейера

определяется из соотношения

$$D = \frac{B + b}{\pi}, \qquad (3)$$

где D – диаметр трубы ленты.

При изгибе порожней ленты шириной B до полузамкнутого сечения по винтовой линии угол α подъема этой линии определялся по рис. 9:

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{AN}{CN} = \frac{B}{CN}. \qquad (4)$$

В нашем случае изгиб порожней ленты произойдет на угол φ (рис. 10), который мож-

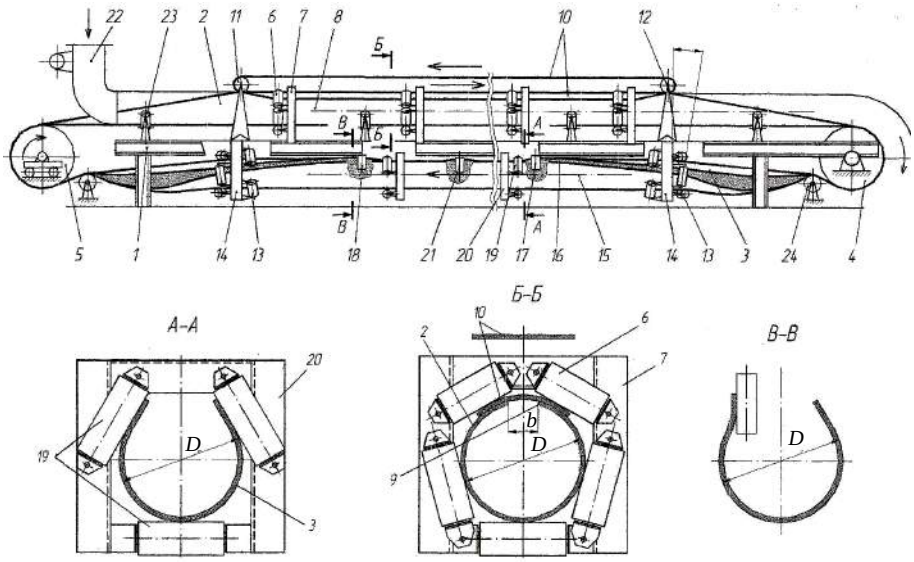


Рис. 8. Трубчатый ленточный конвейер:
1 – став конвейера; *2*, *3* – грузовая и порожняя ветви прорезиненной ленты; *4*, *5* – головной и хвостовой барабаны; *6* – обжимные ролики; *7* – рама обжимных роликов верхней ветви конвейерной ленты; *8*, *15* – продольные оси ленты; *9*, *16* – кромки ленты; *10* – обхватывающая лента; *11*, *12* – барабаны для навески обхватывающей ленты; *13* – ролики для переворота порожней ветви ленты; *14* – рама для переворота ленты; *17*, *18*, *21* – направляющие ролики; *19* – поддерживающие ролики; *20* – рамы роликов нижней ветви конвейерной ленты; *22* – загрузочная течка; *23* – опорные ролики; *24* – отклоняющий барабан

но найти из соотношения [11, 17]

$$\frac{B}{2\pi} = \left(\frac{3}{4}B - \frac{b_п}{2}\right) / \varphi. \qquad (5)$$

Тогда угол α подъема винтовой линии при изгибе холостой ветви ленты в трубчатом ленточном конвейере найдется по соотношению:

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{AE}{DE} \text{ или}$$

$$\operatorname{tg}\alpha = \left(\frac{3B}{4} - \frac{b_п}{2}\right) / L_п = \frac{3B - 2b_п}{4L_п}, \qquad (6)$$

где $L_п$ – расстояние между отклоняющим барабаном *24* и направляющим роликом *17* (т. е. длина участка изгиба конвейерной ленты до полузамкнутого расположения ее кромок, обращенных вверх), м (см. рис. 8), осуществляющим разворот ленты.

Из соотношения (6) находим длину изгиба холостой ветви ленты по винтовой линии до полузамкнутого расположения ее кромок,

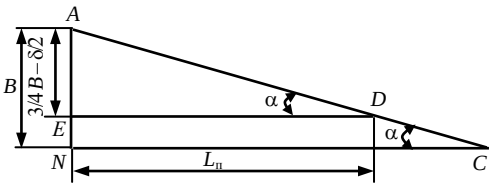


Рис. 9. Схема определения угла переворота ленты

обращенных вверх:

$$L_п = \frac{3B - 2b_п}{4\operatorname{tg}\alpha}. \qquad (7)$$

После подстановки в формулу (7) значения $B = 2\pi R_т - b_п$ имеем

$$L_п = \frac{6\pi R_т - 5b_п}{4\operatorname{tg}\alpha}, \qquad (8)$$

а после подстановки значения $R_т$ из формулы (8) имеем

$$L_п = \left(3\pi E \frac{h_с}{\sigma_и} - 5b_п\right) / 4\,\mathrm{tg}\,\alpha. \qquad (9)$$

Отсюда можно определить ширину зазора между кромками порожней ветви ленты при

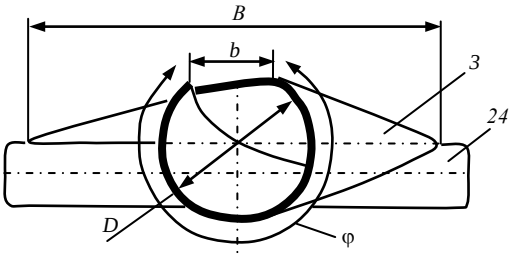


Рис. 10. Сечение порожней ветви ленты на участке ее разворота на рис. 8:
3 – холостая ветвь ленты; *24* – отклоняющий барабан

ее развороте до полузамкнутого состояния и удержание этого зазора по всей длине конвейера

$$b_п \geq 3\pi E \frac{h_с}{\sigma_и} - 4L_п\,\mathrm{tg}\,\alpha / 5. \qquad (10)$$

Порожняя ветвь конвейера находится под настилом грузовой ветви, который должен быть шире ширины зазора с коэффициентом $k_{з.\,п} = 2$.

Опытная установка трубчатого ленточного конвейера для отработки конструктивных особенностей показана на рис. 11.

Схема разработанного конвейера с обхватывающей лентой и изгибом с переворотом нижней ветви ленты дана на рис. 12.

Уменьшение сдвигающих сил на роликах увеличивает срок их службы и надежность работы конвейера. Смачивание жидкостями или смазкой соприкасающихся поверхностей ленты и роликов устройства, а также наличие вырывов, заплаток, отдельных скобок на ленте не отражаются на надежности работы конвейера. Предлагаемое устройство обеспечивает уменьшение габаритов по его длине, что сокращает просыпь материала в подконвейерном пространстве.

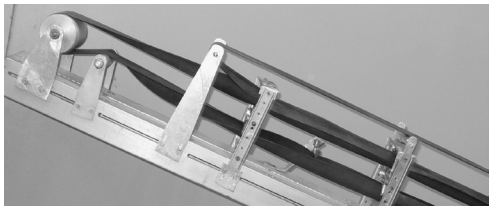


Рис. 11. Опытная установка ТЛК по отработке и выбору конструктивных параметров с узлом изгиба с переворотом для конкретных условий предприятий

Этот фактор подтвердился работой устройства для переворота ленты, установленного на

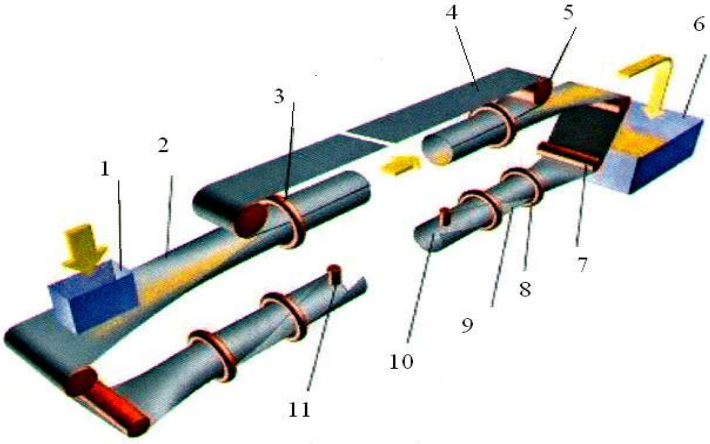


Рис. 12. Схема разработанного конвейера с обхватывающей лентой:
1 – участок загрузки; *2* – транспортерная лента; *3* – опорно-центрирующее устройство; *4* – зазор между кромками ленты; *5* – участок разгрузки; *6* – отклоняющий барабан; *7* – роликоопора для переворота ленты; *8* – трубчатый переворот ленты; *9* – ролик для разворота ленты; *10* – дополнительная обхватывающая лента; *11* – барабаны для обхватывающей ленты

ленточном конвейере длиной 300 м с наклонными и горизонтальными участками в местах переворота ленты шириной 1000 мм на Норильском горно-металлургическом комбинате.

Сравнительная оценка основных параметров устройства для переворота ленты разра-

ботанного трубчатого ленточного конвейера с зазором между кромками ленты и трубчатого ленточного конвейера с кромками внахлест [18] дана в табл. 3.

Для уменьшения пылеобразования на участке загрузки выбранная скорость истечения насыпного груза должна быть близка к скорости движения ленты, что можно обеспечить подбором соответствующей кривизны загружаемого желоба. Насыпной груз должен находиться в состоянии покоя относительно движущейся ленты, что можно обеспечить подбором желоба *22* (см. рис. 8) соответствующей кривизны.

Таблица 3

Основные параметры устройства для изгиба с переворотом ленты

Ширина ленты *B*, м	Диаметр трубы с расположением кромок, м		Длина изгиба с расположением кромок *L*, м		Длина переходного участка с расположением кромок, м		Высота до перекрытия *h*, м
	С зазором	Внахлест	С зазором	Внахлест	С зазором	Внахлест	
0,65	0,22	0,20	6,2	20	2,7	5,2	0,45
0,80	0,28	0,25	8,0	23	3,0	6,4	0,50
1,00	0,35	0,30	10,5	25	3,5	7,6	0,60
1,20	0,42	0,35	13,2	30	4,3	8,8	0,70
1,40	0,48	0,40	16,1	35	4,7	10,2	0,80

Радиус кривизны желоба определяется в зависимости от высоты свободного истечения загружаемого насыпного груза из промежуточного бункера, коэффициента трения груза по желобу, скорости движения ленты.

Трубчатый конвейер [11, 19] для перемещения пылеобразных насыпных грузов и подачи их в емкость с полной изоляцией грузовой ветви ленты от внешней среды представлен на рис. 13.

Установка содержит подающий орган *1* из гибкой транспортерной ленты, загрузочный бункер *2* и разгрузочную камеру *3*. На линейной части в местах расположения поддерживающих роликоопор *4*, ролики *5* которых установлены по кольцу вокруг ленты и параллельно плоскости рам *6*, транспортерная лента свернута в трубу *7*.

В местах установки направляющих роликоопор *8* стык (разъем) *9* кромок транспортерной ленты расположен сбоку и по винту. В данном случае ролики 5 наклонены к плоскости рамы *6* под углом α, который соответствует углу наклона стыка *9* и равен, например, для резинотканевых лент 5–6°. Входное отверстие *10* камеры *3* снабжено кольцевой уплотняющей шторкой *11*, охватывающей подающий орган *1*.

Для раскрытия ленты до разгрузочного положения внутри камеры *3* установлены выравнивающие ролики *12*, и на ее выходе лента в развернутом виде проходит сквозь плоское выходное отверстие *13*, снабженное уплотнениями *14* из материала с малым коэффициентом скольжения. Далее лента через барабан *15* проходит к участку загрузки.

Для уменьшения сопротивления при протягивании подающего органа уплотнение выполнено в виде кольцеобразной трубки *16* с отверстиями *17* на внутренней стороне для подвода сжатого газа к поверхности рабочего органа.

С целью уменьшения пыления насыпным грузом из выходного отверстия *13* камеры *3* установлен кожух с полостью *18*, снабженной патрубками *19* для отсоса запыленного газа.

Для исключения перепада давления в камере *3* ввод в трубку *16* и патрубки *19* отсоса запыленного газа из полости *18* сообщаются через воздуходувку (не показано) обводным трубопроводом *20*.

Установка работает следующим образом. После загрузки из бункера *2* транспортерная лента проходит через рамы *6*. Поддерживающие роликоопоры *4*, установленные по кольцу и параллельно плоскости рам *6*, сворачивают транспортерную ленту в трубу *7*. В таком виде лента проходит по трассе до участка разгрузки. Пылеобразующий насыпной груз, заключенный в трубу, изолирован от внешней среды, и его потери по трассе исключены. Особенно это важно для пылеобразующей самовоспламеняющейся угольной пыли. На участке разгрузки труба транспортерной ленты с помощью роликов *5*, наклоненных к рамам 6 под углом α, равным 5–6°, поворачи-

вается вокруг оси. При проходе через отверстие *10* камеры *3* труба из ленты обжимается кольцевой уплотняющей шторкой *11*. В камере *3* труба ленты с помощью выравнивающих роликов *12* раскрывается, и транспортируемый материал высыпается.

Подающий орган после прохождения через ролики *12* выходит в развернутом виде

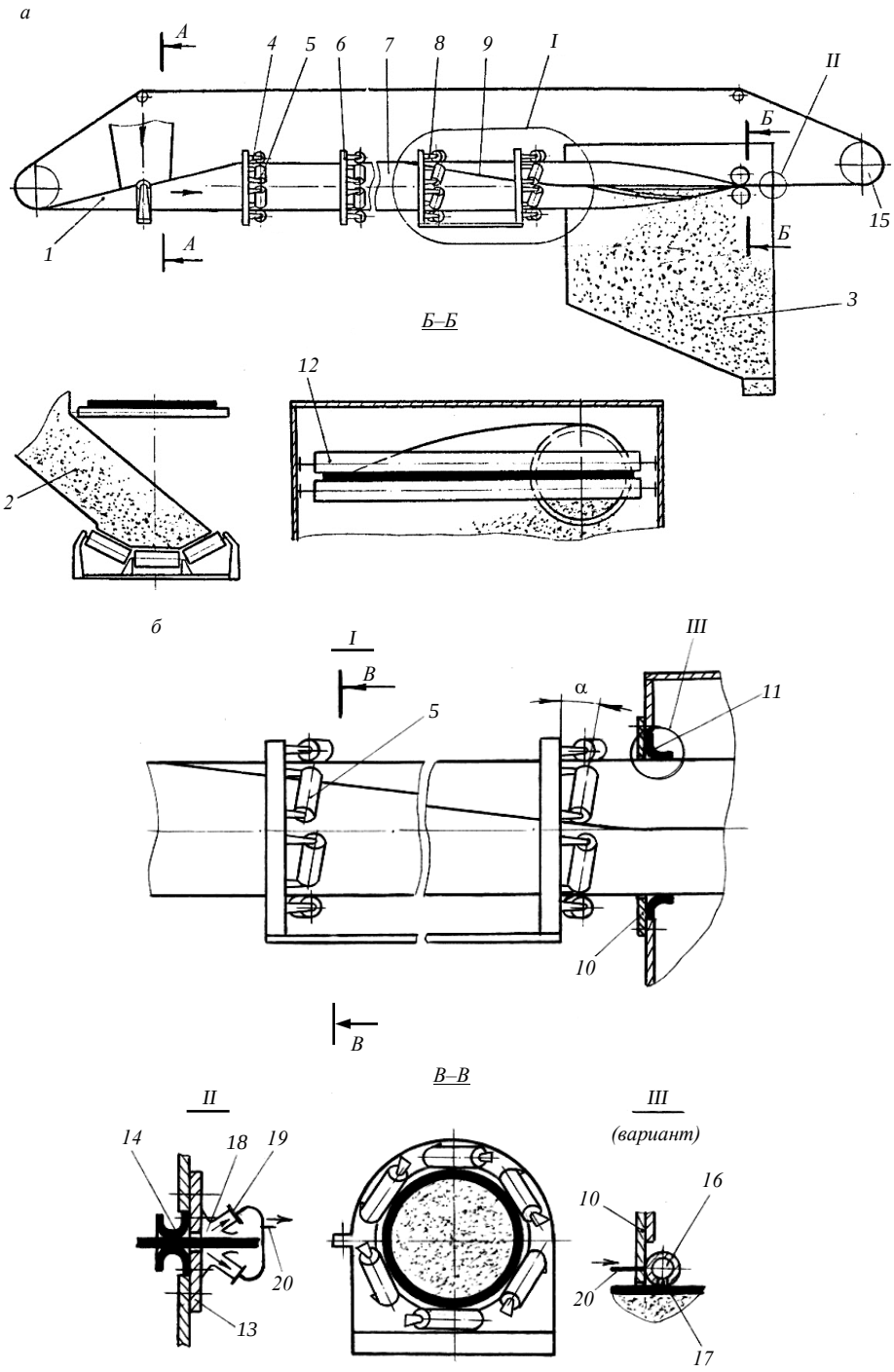


Рис. 13. Установка для транспортирования насыпного груза:
а – общий вид установки; *б* – участок ввода в разгрузочную емкость конвейера

из герметичной камеры *3* через уплотнения *14* выходного отверстия *13*. Затянутая лентой пыль из камеры *3* попадает в полость *18*, откуда отсасывается через патрубок *19*. Запыленный газ по обводному трубопроводу *20* подается в трубку *16*. При проходе из отвер-

стий *17* запыленный газ создает газовую прослойку между стенками органа *1* и трубки *16*, что уменьшает сопротивление при протягивании ленты в виде трубы через отверстие *10*.

После поворота на барабане *15* порожняковая ветвь ленты возвращается к участку загрузки. Обратный разворот транспортерной ленты с помощью направляющих роликоопор *8* должен быть предусмотрен на порожняковой ветви (не показано). В предлагаемый конвейер можно превратить практически любой ленточный конвейер, установленный на предприятии, путем небольшой его модернизации.

При использовании предлагаемого трубчатого ленточного конвейера с устройством для переворота холостой ветви ленты для транспортирования агрессивных пылеобразующих насыпных грузов, таких как рудные концентраты, агломераты, пылеобразующие рудные грузы и др., исключаются потери насыпного груза по трассе, уменьшается запыленность рабочих участков. Обладая малым расходом электроэнергии и способностью транспортировать большие потоки пылеобразующего насыпного груза (свыше 200 м^3/ч) на дальние расстояния, конвейер является современной альтернативой пневматическому транспорту.

Расчет технических параметров трубчатого ленточного конвейера производится с учетом известных методик [20–22] в последовательности [11, 17, 23].

Массовая производительность конвейера, т/ч:

$$Q_{т.к} = 3{,}6K_з F v_л \rho, \qquad (11)$$

где F – площадь трубчатого сечения грузовой ветви ленты, м^2;

При $F = 0{,}785\, D_л^2$ получим

$$Q_{т.к} = 3{,}6 \cdot 0{,}785\, D_л^2 K_з\, v_л \rho, \qquad (12)$$

где $D_л$ – диаметр трубчатого сечения ленты, м; $K_з$ – коэффициент заполнения ($K_з = 0{,}7$); $v_л$ – скорость движения ленты, м/с; ρ – насыпная плотность груза, кг/м^3.

После принятия ширины ленты по ГОСТ 20–85 уточняется диаметр трубчатой ленты рабочей ветви конвейера по зависимости (3), м:

$$D_{лг} = \frac{B + b_г}{\pi}. \qquad (13)$$

Этот диаметр с учетом зависимости (1) определяется также по следующей зависимости, м:

$$D_{лг} = \frac{Eh_с}{\sigma_и}. \qquad (14)$$

Тогда с учетом значения $D_г$ из зависимости (12) массовая производительность конвейера определится следующим образом, т/ч:

$$Q_{т.к} = 3{,}6 \cdot 0{,}785((B + b_г)/\pi)^2 K_з v_л \rho. \qquad (15)$$

После подстановки $b_г$ из зависимости (2) и соответствующих преобразований имеем

$$Q_{т.к} = 2{,}826\left(\frac{Eh_с}{\sigma_и}\right)^2 K_з v_л\, \rho. \qquad (16)$$

Тяговое усилие установившегося движения в укрупненных расчетах определяется по известной формуле, Н:

$$P = (C_д W_г + W_п), \qquad (17)$$

где $W_г$, $W_п$ – суммы сопротивлений на грузовой и порожней ветвях конвейерной ленты, Н; $C_д$ – коэффициент сопротивлений в местах загрузки, очистки и т. д., $C_д = 1{,}1$ при длине трассы 1000 м.

$$W_г = g(q_т + q_л + q_{р.г} + 2q_{л.о})\Delta L + \\ + g(q_т + q_л + 2q_{л.о})H; \qquad (18)$$

$$W_п = g(q_л + q_{р.п})\Delta L - q_л H g + 2q_{пер} g L_п, \qquad (19)$$

где $q_т$ – линейная масса груза, кг/м; $q_л$ – линейная масса ленты, кг/м; $q_{р.г}$, $q_{р.п}$ – линейная масса роликов опор грузовой и порожней ветвей ленты, кг/м; $q_{л.о}$ – линейная масса обхватывающей ленты, кг/м; Δ – коэффициент сопротивления, Δ = 0,04; L – расстояние между осями концевых барабанов конвейера, м; H – разность высот, м; $q_{пер}$ – масса устройства изгиба с переворотом ленты, кг/м.

По сравнению с обычными ленточными конвейерами ТЛК имеют неоспоримые преимущества, которые заключаются в следующем:

– отсутствие вредных воздействий на окружающую среду при транспортировании экологически опасных (пылящих и выделяющих вредные вещества) грузов;

– транспортируемый материал, находящийся в трубе, защищен от загрязнения;

– возможность пространственной кон-

фигурации трассы конвейера с перегибами в горизонтальной и вертикальной плоскости одновременно;

– возможность транспортирования различных грузов при горном ландшафте, а также при естественных и искусственных преградах по трассе (водоемы, овраги, транспортные коммуникации, строительные объекты);

– возможность транспортировать груз под углом 30° к горизонту без применения специальной ленты;

– улучшение условий движения ленты по ставу (исключение бокового схода ленты) за счет трубчатой формы ленты;

– возможность при необходимости транспортирования груза одновременно на верхней и нижней ветви контура ленты конвейера;

– исключение загрязнения поддерживающих роликов на ветвях конвейера;

– уменьшение диаметра поддерживающих роликов по сравнению с традиционной конструкцией конвейеров;

– отсутствие износа бортов ленты;

– значительное уменьшение габаритов конвейера (по ширине).

К недостаткам трубчатого конвейера относятся:

– высокая стоимость конвейера;

– более сложный монтаж и предпусковая отладка;

– более высокий коэффициент сопротивления движению ленты по роликам ($\omega' = 0{,}04\ldots0{,}045$), а следовательно, увеличение стоимости потребления электроэнергии;

– более дорогая лента по сравнению с классическим конвейером;

– усложняется навеска ленты на конвейер.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Нойманн Т. Трубчатые конвейерные ленты ConiTech – превосходное транспортное решение! // Уголь. 2013. № 4. С. 76–77.

2. Галкин В. И. Направления развития ленточных конвейеров для горной промышленности // Современные тенденции развития технологий производства конвейерных лент в России: междунар. науч.-практ. конф. (22–23 нояб. 2012 г.). Екатеринбург. С. 15.

3. Давыдов С. Я., Кожушко Г. Г. Использование отечественных лент в трубчатом ленточном конвейере // Современные тенденции развития технологий производства конвейерных лент в России: междунар. науч.-практ. конф. (22–23 нояб. 2012 г.). Екатеринбург. С. 7.

4. Tubular belt conveyer with turnover of the return run of the belt / Davydov, S. Ya. [et al.] // Refractories and Industrial Ceramics. 2010. Vol. 51, no. 4. P. 250–255.

5. Davydov S. Ya., Kashcheev I. D. Conveyer trains for transporting loose materials // Refractories and Industrial Ceramics. 2011. Vol. 52. Issue 1. P. 12–17.

6. Давыдов С. Я., Кащеев И. Д., Малагамба С. В. Энергосберегающий трубчатый ленточный конвейер // Новые огнеупоры. 2004. № 8. С. 33–35.

7. Трубчатый ленточный конвейер с переворотом холостой ветви ленты / С. Я. Давыдов [и др.] // Новые огнеупоры. 2010. № 7. С. 10–15.

8. Пат. 2019476 Российская Федерация. Ленточный конвейер / С. Я. Давыдов, А. Е. Демидов, А. Ф. Федоров, В. И. Кабанов. № 4860663; заявл. 29.05.90; опубл. 15.09.94, Бюл. № 17.

9. Давыдов С. Я. Новое энергосберегающее печное, транспортное и складское оборудование в производстве цемента: учеб. пособие. Екатеринбург: УГТУ – УПИ, 2004. 170 с.

10. Вебер Г. Э., Давыдов С. Я., Валеев О. Ф. Уменьшение пылеобразования на конвейерном транспорте // Изв. вузов. Горный журнал. 2004. № 2. С. 65–70.

11. Давыдов С. Я. Энергосберегающее оборудование для транспортировки сыпучих материалов: Исследование, разработка, производство. Екатеринбург: УГТУ – УПИ, 2007. 317 с.

12. Феодосьев В. И. Сопротивление материалов: учебник для вузов. М.: Наука, 1986. 512 с.

13. Вебер Г. Э., Ляпцев С. А. Лекции по теоретической механике: учеб. пособие. Екатеринбург: УГГГА, 1998. 272 с.

14. Использование отечественных конвейерных лент в трубчатом ленточном конвейере / С. Я. Давыдов [и др.] // Новые огнеупоры. 2008. № 3. С. 34.

15. Ленточный конвейер для транспортирования пылеобразующих материалов / С. Я. Давыдов [и др.] // Новые огнеупоры. 2003. № 2. С. 17–21.

16. Пат. 2264966 Российская Федерация. Ленточный конвейер / С. Я. Давыдов, Д. Н. Волков, В. А. Кобелев, Р. В. Шунин. № 2000116731; заявл. 01.06.04; опубл. 27.11.05, Бюл. № 33.

17. Давыдов С. Я., Вебер Г. Э., Мастерова Е. В. Трубчатый ленточный конвейер для пылеобразующих материалов // Изв. вузов. Горный журнал. 2006. № 2. С. 98–101.

18. Галкин В. И. Особенности эксплуатации трубчатых ленточных конвейеров // Горное оборудование и электромеханика. 2008. № 1. С. 7–12.

19. А. с. 1569307 СССР. Установка для транспортирования сыпучего материала / С. Я. Давыдов С. П. Детков, А. М. Мальцев, А. М. Галкин (СССР). № 4466641; заявл. 26.07.88; опубл. 07.06.90, Бюл. № 21.

20. Шахмейстер Л. Г., Дмитриев В. Г. Теория и расчет ленточных конвейеров. М.: Машиностроение, 1987. 336 с.

21. Пертен Ю. А. Крутонаклонные конвейеры. Л.: Машиностроение, 1977. 210 с.
22. Конвейеры: справочник / Р. А. Волков [и др.] / под общ. ред. Ю. А. Пертена. Л.: Машиностроение, 1984. 367 с.
23. Давыдов С. Я., Кащеев И. Д., Селезнева А. Ю. Определение длины изгиба с переворотом скрученной прорезиненной конвейерной ленты до *С*-образного расположения ее кромок, обращенных вверх // Новые огнеупоры. 2010. № 4. С. 31–32.

Поступила в редакцию 31 октября 2013 г.

Давыдов Станислав Яковлевич – доктор технических наук, доцент, главный нуачный сотрудник. 620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30, Уральский государственный горный университет. E-mail: davidovtrans@mail.ru

УДК 53.083(430.1)

НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ ОБОРУДОВАНИЯ ГИДРОМЕХАНИЗАЦИИ НА УГОЛЬНЫХ РАЗРЕЗАХ КУЗБАССА

П. Б. Герике

На примере оборудования гидромеханизации, такого как насосы, землесосы, гидромониторы и т. п., эксплуатирующегося в условиях угольной промышленности Кузбасса, приведена классификация наиболее распространенных дефектов динамического оборудования. Дано обоснование применения методов неразрушающего контроля как необходимой составляющей при переходе на систему обслуживания техники по фактическому техническому состоянию.
Ключевые слова: вибродиагностика; гидромеханизация; динамическое оборудование; управление техническим обслуживанием.

В рамках проведения экспертизы промышленной безопасности и диагностирования технических устройств, эксплуатирующихся на опасных производственных объектах, учеными и специалистами Института угля СО РАН и Кузбасского государственного технического университета (г. Кемерово) выполнен контроль оборудования участков гидромеханизации на угольных разрезах Кузбасса. Для оценки технического состояния оборудования при проведении исследований за основу был принят метод контроля по параметрам механических колебаний, использование которого при проведении процедуры экспертизы промышленной безопасности регламентируется федеральным законодательством РФ [1].

Только широкое применение методов неразрушающего контроля (НК) и технической диагностики [2, 3] позволит решить задачи, связанные с безопасной эксплуатацией техники и минимизацией аварийных простоев путем перехода к системе технического обслуживания оборудования угольной промышленности по фактическому состоянию.

Все методы неразрушающего контроля подразделяются на две основные группы: дефектоскопические и функциональные. К первой группе методов относят визуально-измерительный контроль (ВИК), ультразвуковой контроль (УЗК), магнитный контроль (МК), капиллярный (ПВК) и акустико-эмиссионный контроль (АЭ). Функциональные методы НК – тепловой (ТК) и вибродиагностический контроль (ВД).

Работы по всем перечисленным методам НК и технической диагностики должны проводиться с использованием стандартных средств измерений (СИ), включенных в единый государственный реестр средств измерений, в обязательном порядке проходящих ежегодную процедуру поверки метрологических характеристик.

Для оценки состояния металлоконструкций оборудования, в частности при проведении экспертизы промышленной безопасности технических устройств, эксплуатирующихся на опасных производственных объектах (ЭПБ ТУОПО), широко используется метод визуально-измерительного контроля (ВИК). Метод визуально-измерительного контроля элементов конструкции проводится с целью выявления изменений формы, поверхностных дефектов в материале и соединениях (в том числе сварных) деталей, наплавках, образовавшихся в процессе эксплуатации трещин, коррозионных и эрозионных повреждений, деформаций, ослаблений болтовых и заклепочных соединений, а также конструктивных изменений, которые влияют или могут повлиять на безопасность эксплуатации узла или объекта.

В случае, если по результатам проведенного ВИК обнаружены признаки наличия трещин в основном металле или сварных соединениях, то по решению эксперта в этих местах проводится дополнительная проверка с помощью одного из методов НК, как правило, ультразвуковой контроль. Метод УЗК основан на способности ультразвуковых колебаний распространяться в твердых веществах на большую глубину без заметного

ослабления и отражаться от границы раздела двух сред. УЗК является одним из самых надежных и простых в применении методов НК, позволяет обнаружить дефекты внутри основного металла или сварного соединения, определять координаты и расположение дефекта в пространстве.

При проведении процедуры экспертизы промышленной безопасности и/или диагностики технического состояния также достаточно широко применяются такие методы НК, как акустико-эмиссионный контроль (позволяет выявить потенциально опасные места конструкции, пространственные координаты дефекта внутри сплошного металла с указанием степени его развития) и тепловой контроль (оценка состояния работающего электрооборудования).

Однако именно **вибрационный метод** диагностики и контроля (ВД) принят за основу для оценки фактического технического состояния техники [2, 3]. Скорость распространения упругих волн в сплошных средах позволяет получать информацию об изменении состояния объекта диагностирования практически мгновенно. Контроль по параметрам механических колебаний совершенствовался последние 50 лет, в итоге он сейчас представляет собой целую группу методов. Часть из них являются узкоспециализированными, направленными на выявление только одной группы дефектов, или могут применяться только на одном типе оборудования. Некоторые методы являются универсальными (спектральный анализ, вейвлет-преобразование), но их основной недостаток заключается в сложности интерпретации полученных результатов анализа и необходимости длительного обучения специалистов проведению контроля.

Измерение виброакустических характеристик на подшипниковых опорах механизмов позволяет распознать следующие типы дефектов и повреждений:

– дисбаланс ротора и расцентровку валопровода агрегата;

– повреждения подшипников скольжения (эллипсность цапф, срыв масляного потока, неправильную установку и износ вкладышей, сухой вихрь);

– повреждения подшипников качения (износ и повреждения внешней и внутренней обоймы; износ сепаратора и тел качения; повреждения на телах качения; неравномерный радиальный натяг; загустевание или недостаточность смазки);

– дефекты зубчатых зацеплений в редукторах;

– нарушение жесткости системы;

– повреждения элементов соединительных муфт, рабочих колес;

– дефекты электромагнитной системы электрических машин (замыкание обмоток статора; распушение пакетов активной стали сердечников статора; замыкание в активной стали сердечников статора; статический и динамический эксцентриситеты зазора между ротором и статором; дефекты обмотки ротора) и т. д. [2, 3].

При анализе данных, полученных при первичных обследованиях приводов оборудования гидромеханизации, выявлено, что наиболее распространены следующие типы дефектов:

– дисбаланс ротора электродвигателя;

– расцентровка валов агрегата;

– дефекты подшипниковых узлов (перекосы, ослабления посадок, износы беговых дорожек, тел качения и сепараторов, нарушение режима смазки);

– повреждения элементов соединительных муфт;

– различные дефекты электромагнитного происхождения (магнитная асимметрия якоря, перекос фаз, смещение в магнитном поле и т. д.);

– нарушение жесткости системы.

Рисунки 1–4 иллюстрируют спектральное представление некоторых наиболее распространенных из перечисленных дефектов (v_e – виброскорость, мм/с; A – виброускорение, м/с^2; f – частота, Гц). Следует особо отметить, что в конструкциях привода оборудования гидромеханизации весьма значительную часть статических и динамических усилий воспринимают подшипники качения, основными методами оценки технического состояния которых являются: ПИК-фактор, спектральный анализ, анализ спектра огибающей, метод ударных импульсов и эксцесс.

Единого метода контроля по параметрам механических колебаний, который мог бы одинаково успешно применяться как для экс-

пресс-диагностики подшипников качения, так и для мониторинга технического состояния, на сегодняшний день не существует. Свои ограничения на область применения того или иного метода ВД накладывают: тип оборудования и условия его эксплуатации,

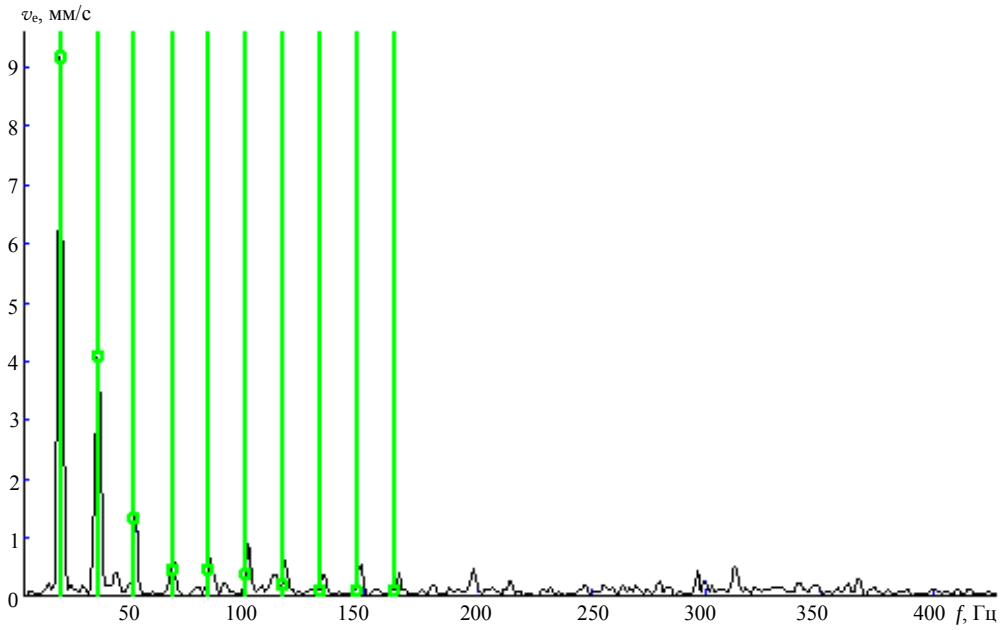


Рис. 1. Нарушение центровки агрегата Д-2000-100, общее нарушение жесткости системы

низкие частоты вращения, необходимость использования априорной информации о геометрических параметрах подшипника, источники случайной высокочастотной вибрации и др. Именно поэтому для эффективной оценки фактического технического состояния меха-

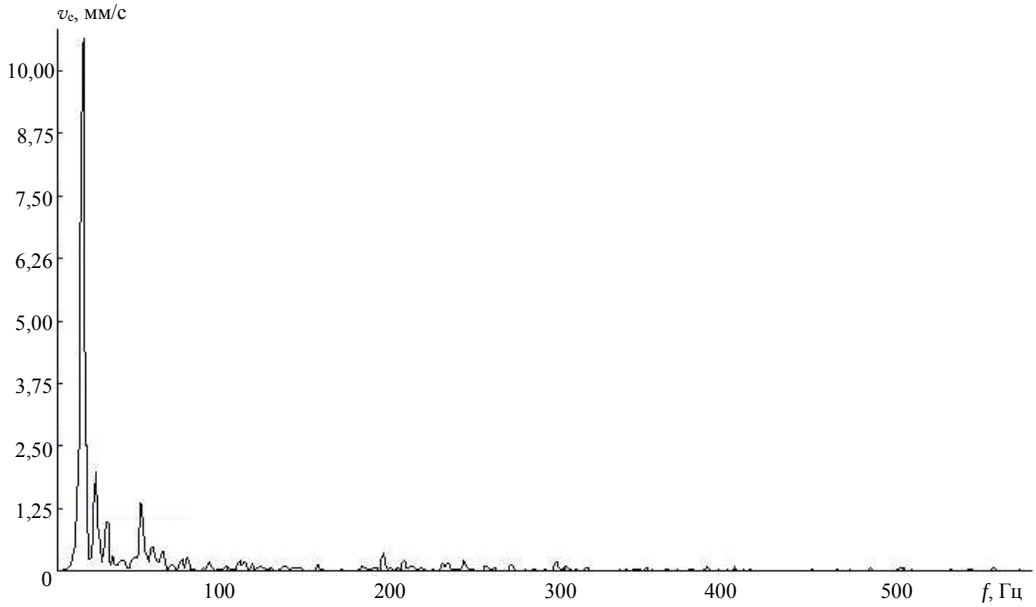


Рис. 2. Дисбаланс ротора электродвигателя землесоса ЗГМ-2М. Общее техническое состояние агрегата оценивается как «недопустимое», согласно [4]

нических систем необходимо использовать комплексный диагностических подход.

Результаты применения комплексного подхода позволяют не только минимизировать недостатки и ограничения применяемых методов диагностики и извлечь максимальное

количество полезной информации из виброакустического сигнала, но и сформулировать точные диагностические признаки дефектов исследуемого оборудования и критерии предельно допустимого состояния техники, а также максимально точно оценить фактическое техническое состояние агрегата.

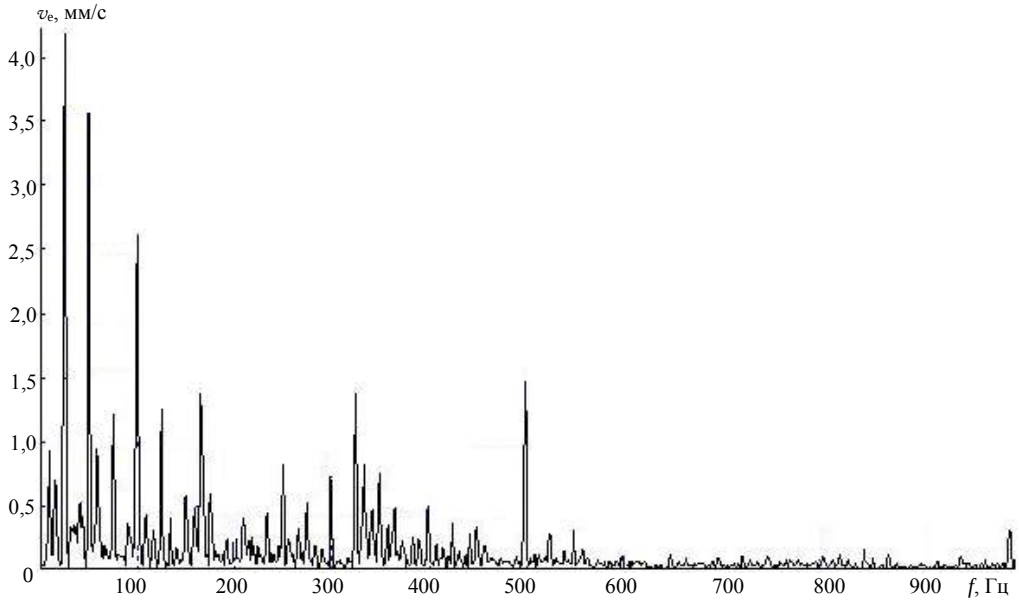


Рис. 3. Износ рабочих элементов маслостанции гидромонитора ГМД-250, нарушение жесткости системы

Применительно к оценке технического состояния объектов угольной промышленности, в частности оборудования гидромеханизации, комплексный диагностический подход включает в себя метод прямого *спектрального анализа, синхронное накопление, анализ огибающей и эксцесс*. Именно такое сочетание методов ВД является оптимальным для достоверной интерпретации полученных результатов с указанием степени развития того или иного дефекта [2, 3]. Такое решение позволяет избежать ограничений на область применения методов контроля и максималь-

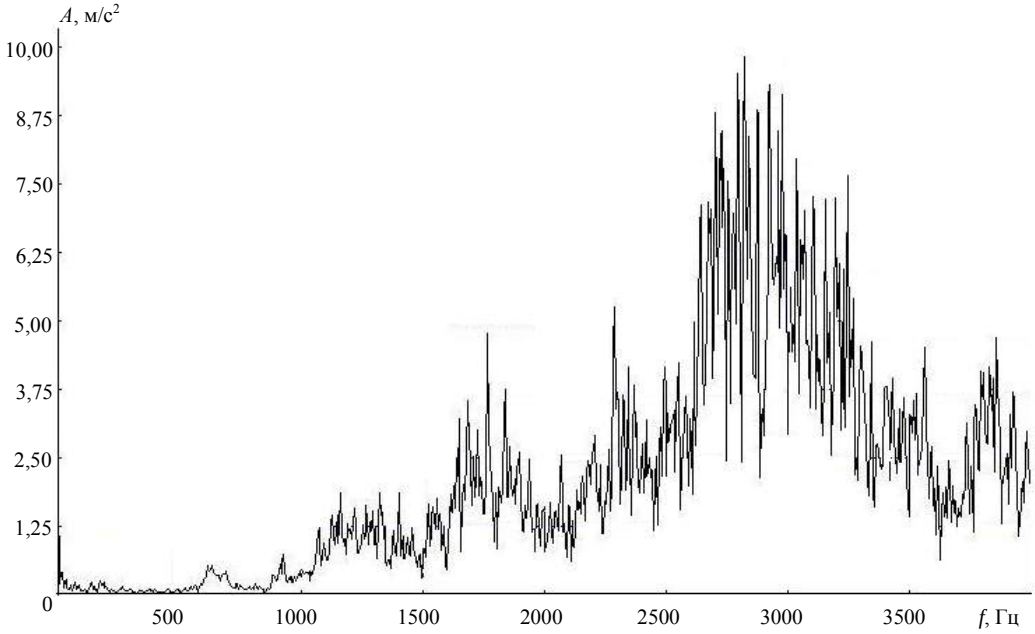


Рис. 4. Развитие дефекта подшипника электродвигателя землесоса ЗГМ-2М, общий уровень по параметру виброускорения A = 67,3 м/с^2

но точно оценить фактическое техническое состояние работающего агрегата. Проведенные учеными Института угля СО РАН многолетние исследования в области формирования случайных виброакустических характеристик на опорах динамически работающих механизмов могут послужить основой для перехода на качественно новые формы технического обслуживания, откроются инновационные пути к безопасной эксплуатации производственного оборудования. Для этого необходимо продолжить работу по созданию нормативно-методической базы для оценки и прогнозирования технического состояния по параметрам механических колебаний.

Исторически сложилось, что угольная промышленность являлась и является объектом повышенной опасности [5]. Предлагаемый подход как раз и позволяет осуществить качественный переход к безопасной эксплуатации техники, уйти от схемы планово-предупредительных ремонтов и примитивного аварийного обслуживания, рассчитать критерии предельно допустимого состояния оборудования угольной промышленности.

На сегодняшний день разработаны математические модели прогнозирования развития типовых дефектов узлов различной горной техники. Созданы научные предпосылки для внедрения на угольных предприятиях системы обслуживания техники по фактическому техническому состоянию.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. О промышленной безопасности опасных производственных объектов: федер. закон от 21.07.97 № 116-ФЗ.
2. Диагностика горных машин и оборудования: учеб. пособие / Б. Л. Герике [и др.]. М., 2012. 400 с.
3. Неразрушающий контроль: справочник / под ред. чл.-корр. РАН В. В. Клюева. М., 2005. Т. 7. 828 с.
4. ГОСТ ИСО 10816 (1–4). Контроль состояния машин по результатам измерений вибрации на невращающихся частях.
5. Проблемы безопасности и новые технологии подземной разработки угольных месторождений / В. И. Клишин [и др.]. Новосибирск, 2011. 524 с.

Поступила в редакцию 19 августа 2013 г.

Герике Павел Борисович – кандидат технических наук, старший научный сотрудник лаборатории средств механизации отработки угольных пластов Института угля СО РАН, доцент кафедры горных машин и комплексов Кузбасского государственного технического университета. 650065, г. Кемерово, просп. Ленинградский, 10, Институт угля СО РАН. E-mail: am_besten@mail.ru

УДК 330.46

УСТОЙЧИВОСТЬ КАК ОДНА ИЗ ОСНОВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СИСТЕМЫ

О. В. Косолапов, М. Н. Игнатьева

Раскрывается сущность понятия устойчивости, рассматриваются особенности форм ее проявления, а также специфика формирования устойчивости в отношении технических, социально-экономических и природных систем, различия в подходах к ее оценке. Детализируются условия, позволяющие обеспечивать социальную, экономическую и экологическую устойчивость, обосновываются классификационные признаки, относящиеся к экологической устойчивости.
Ключевые слова: устойчивость; формы проявления; подходы к оценке; природная система.

Теория устойчивости систем находит широкое применение в ряде областей (сфер) научных исследований: теории занятости, теории экономических циклов, теории экономического роста, экономико-математическом моделировании, теории надежности и т. д. «Устойчивый» в словаре русского языка [1] определяется как «не поддающийся, не подверженный колебаниям, стойкий, твердый» или «способный сохранить состояние равновесия при внешних воздействиях» [2]. В таком же формате дается оценка устойчивости в отношении технических систем в политехническом словаре, а также в отношении горных выработок, обнажений, закладочного массива – в терминологическом словаре «Горное дело» [3, 4]. И в том, и в другом случае устойчивость определяется, как способность сохранять нормальный ритм работы, первоначальное направление движения, заданные размеры и форму, сохранять равновесие, неподвижное положение корпуса комбайна и т. д. при воздействии каких-либо внешних сил, возмущающих воздействий, как способность сопротивляться, противостоять усилиям, стремящимся вывести объект из исходного состояния или динамического равновесия.

В качестве синонима понятия «устойчивость» выступают такие определения, как «постоянство» (все время остающийся одним и тем же, не меняющийся), «неизменность», «равновесие» и др. В ряде случаев достаточно часто синонимом устойчивости считают стабильность системы (от лат. stabilis – устойчивый, постоянный). Казалось бы, рассматриваемые понятия действительно идентичны. Однако в работе [5] доказывается их неравнозначность. Стабильность определяется как мера изменчивости системы. В качестве примера рассматриваются стабильные, сформировавшиеся в условиях мало изменяющейся природной среды экосистемы, которые оказываются неустойчивыми (легкоранимыми) даже при незначительных антропогенных воздействиях, а нестабильные ландшафты могут оказаться очень устойчивыми.

Достаточно близким к понятию «устойчивость» является понятие «надежность», но она характеризуется обычно как мера вероятности устойчивой работы, вероятности безотказной работы. Надежность изделия, например, отражает его долговечность, безотказность, сохраняемость, ремонтопригодность и т. д. Надежность в отношении производственных, технических и других объектов свидетельствует о безопасности их функционирования и возможности выхода из строя при возникновении чрезвычайных ситуаций, аварий. В современных условиях с феноменом устойчивости все чаще связывают исследования экономических процессов и объектов, в частности финансовую деятельность [6–9]. В процессе финансового анализа оценивается финансовое состояние предпри-

ятия, его способность финансировать свою деятельность. Финансовое состояние считается устойчивым (абсолютно или нормально устойчивым), если запасы и затраты обеспечиваются суммой собственных средств или имеет место даже излишек этих источников. Подобное финансовое состояние с позиции устойчивости оценивается как равновесное, собственных финансовых ресурсов достаточно для осуществления всех платежей. Неустойчивым оно признается в том случае, когда запасы и затраты не обеспечиваются источниками финансирования, равновесное состояние нарушено в силу несоответствия между доходами и расходами.

Финансовая устойчивость – не единственное условие устойчивости экономической системы. «Устойчивость экономики отражает прочность и надежность ее элементов, вертикальных, горизонтальных и других связей внутри системы, способность выдерживать внутренние и внешние нагрузки» [10, с. 24]. В самом общем смысле по определению [11, с. 13] «под устойчивостью предприятия понимается его способность к продолжительному осуществлению своей уставной деятельности на одном или нескольких отраслевых рынках, способность действовать неопределенно долго, преодолевая внешние обстоятельства». Подобный подход к определенной устойчивости применяется и к социальным системам. Человечество (общество) – это открытая система, функционирование и развитие которой зависит от состояния и динамики параметров внешней среды. Устойчивость общества – это его способность сохранять системные свойства при изменении внутренних и внешних факторов. Теория устойчивости используется и в макроэкономике при описании природных экономических циклов [12], и в исследовании проблем экономического роста и теории занятости [13], и в ряде других областей.

М. Д. Гродзинский (1987) выделил три формы проявления устойчивости:

– *инертность* (инерция) (от лат. inertia – бездействие) – способность сохранить свое исходное состояние в течение определенного периода времени; в механике – свойство тел при отсутствии внешних воздействий сохранять неизменным состояние своего движения, а при внешних силовых воздействиях – изменять движение лишь постепенно [4, с. 183];

– *восстанавливаемость* – способность возвращаться в исходное или близкое к нему состояние за определенный промежуток времени после выхода из него под влиянием внешних воздействий; в технике – возможность восстановления допустимых (в частном случае – начальных) значений параметров изделий в результате устранения отказов и несправедливостей [11, с. 89]; восстанавливаться, согласно [1, с. 82], – это прийти в прежнее нормальное состояние;

– *пластичность* (от греч. plastikos – годный для лепки) – наличие у системы нескольких устойчивых состояний, что делает возможным переход из одного состояния в другое при сохранении инвариантных свойств под влиянием внешнего воздействия; в технике – свойство твердых тел под действием внешних сил изменять, не разрушаясь, свою форму и размеры [4, с. 363].

Наличие рассматриваемых форм проявления устойчивости позволяет выделить два вида устойчивости: инертную (статическую) и упругую. Первая их них отражает неизменность структурно-организационного инварианта системы в отношении воздействия. На практике инертная устойчивость определяется рядом свойств системы (например, длина склона, мощность почвогрунтов и др. – у ландшафтов), а также механизмов адаптации. Таким образом, статическая устойчивость обеспечивается либо за счет амортизации внешних воздействий, либо за счет перестройки (подстраивания) в соответствии с изменениями окружающей среды. В свою очередь, упругая устойчивость системы отражает способность последней восстанавливаться после нарушений под влиянием воздействий. Отсюда инерционная (статическая) устойчивость оценивается по степени деградации или измененности, а упругая – по скорости самовосстановления [14]. Несколько другая интерпретация видов устойчивости дается в работе [15].

М. М. Редина использует понятие инертной устойчивости в рамках краткосрочных временных интервалов и пластичной (динамической) устойчивости – для долгосрочный перспективы, т. е. дифференциация устойчивости осуществляется в зависимости от временного отрезка, для которого идентифицируется состояние системы. В целях сохранения четкости понятийного аппарата счи-

таем не совсем корректным использование понятия «пластичная устойчивость» в качестве синонима динамической устойчивости. Адаптивная пластичность представляет собой один из механизмов поддержания инертной устойчивости. Целесообразнее с этих позиций применение понятия «динамическая устойчивость» и исключение из терминологического оборота для характеристики устойчивости в долгосрочном периоде понятия пластичной устойчивости.

Вид устойчивости отражает не только временной аспект, он непосредственно взаимосвязан и с характеристикой системы. Так, для технических систем, существование которых обусловлено факторами лишь энергетического обмена, характерно проявление лишь инертной (статической, буферной) устойчивости, которая предусматривает сохранение ими неизменности величин основных параметров функционирования системы (гомеостаз). Механизм адаптивной пластичности (адаптивные возможности) свойственен биотическим системам, обществу в целом как организму. Упругая устойчивость в части восстановления качественных и количественных параметров также характеризует биотические системы и общество. Ее проявление может рассматриваться и в отношении водных систем, особенно когда это касается качественных параметров.

И природные, и социально-экономические системы являются более сложными по сравнению с техническими системами. Существование биологических систем становится возможным благодаря обмену веществом и энергией, а в человеческом обществе помимо этого возникает феномен информации, который становится приоритетным во взаимоотношениях природы и общества. Усложняются системы, усложняется окружающая среда, и если на уровне технических систем рассмотрению подлежит устойчивость функционирования, то в отношении природных и социально-экономических систем – устойчивость функционирования и устойчивость развития (качественное преобразование компонентов природы и установление равновесного состояния системы на более высоком уровне – гомеорез). Целостность системы в этом случае сохраняется в рамках каждого из циклов функционирования. Под влиянием внешних воздействий и внутренних причин (саморазвитие) идет качественная перестройка системы, переход ее на новый, более высокий качественный уровень. Разрушение существующего равновесия и установление нового свидетельствует о динамичном развитии системы – устойчивом развитии.

При общей сопоставимости схем устойчивого развития природной и социально-экономической систем имеет место и существенное различие, которое касается продолжительности циклов. Циклы качественных преобразований природных систем весьма продолжительны и несопоставимы с длительностью жизненного цикла предприятий и жизни человека, что служит одной из объективных причин отрицания возможности коэволюции природы и общества. Различия в трактовках устойчивости обуславливают и множественность подходов к ее оценке. В их числе:

– энергетический подход;

– подход, основанный на теории надежности;

– ландшафтный подход и др.

Так, в задачах экономико-математического моделирования в качестве критерия устойчивости используется параметр, характеризующий отклонение значений функции от установленной величины (плановое, нормативное значение). Устойчивым, согласно рекомендациям [16–19], считается состояние, при котором изменение начальных условий не вызывает его существенных изменений. Подобный подход используется и в системах оценки качества, когда по величине отклонений устанавливается, например, степень устойчивости качества рудного потока, поступающего на обогатительную фабрику.

В математической статистике находят применение вероятностные модели и статистическое описание процессов с целью предсказания значения некоторых функций благодаря существованию статистической устойчивости. Рекомендации относительно количественной оценки экономической устойчивости на основе вероятностно-статистического подхода предполагают определение коэффициента запаса как соотношения фактических и планируемых значений параметра и вероятности достижения цели. Вероятность отклонения реальной траектории деятельности предприятия от установленной области целеполагания в этом случае служит показателем

устойчивости предприятия [20].

При ландшафтном подходе в процессе оценки устойчивости используется концепция критических нагрузок для различных загрязнителей (оценки экологической емкости) и способности ландшафтов к самоочищению от продуктов техногенеза. Благодаря саморегулированию и самоорганизации природные системы поддерживают экологическое равновесие. Саморегулирование – это способность системы самостоятельно, без вмешательства извне поддерживать свое состояние в условиях изменяющихся внешних факторов, а самоорганизация – это перестройка внутренних связей структуры системы. Нарушения, вызванные внешними воздействиями, в определенной степени компенсируются процессами саморегулирования и самоорганизации.

Чаще всего в литературе речь идет об экономической устойчивости, которая рассматривается в ряде случаев с позиции экономической безопасности [2, 19, 21, 22]. Экономическую устойчивость определяют как способность хозяйствующего субъекта достичь поставленных целевых ориентиров в заданных пределах возможных отклонений, сохраняя при этом целостность системы и одновременно развиваясь, несмотря на возмущающие факторы внешней среды и внутренние изменения. Предполагается, что устойчивость означает сохранение основного и развитие человеческого капитала предприятия.

Наименее исследованной на сегодня остается социальная устойчивость, отражающая сбалансированность взаимоотношений в рамках социума. Обеспечение социальной устойчивости требует соблюдения ряда условий:

– построение трудовых отношений между государством, работодателями и наемными работниками на основе социального партнерства;

– государственное регулирование рыночных отношений в части достижения оптимальных соотношений между производителем и потребителем;

– обеспечение рациональной экономической свободы, что способствует созданию необходимого количества рабочих мест и производства достаточного количества товаров и услуг;

– более справедливое распределение общественного продукта в пользу нуждающихся, что снизит абсолютную численность голодных и бездомных;

– сбалансированность численности населения и обеспеченность ресурсами;

– реализация демократического коллективного управления производством.

В условиях предприятия социальная устойчивость предполагает:

– справедливое распределение доходов;

– поддержание определенного уровня жизни работников предприятия и их семей;

– реализацию принципа социального партнерства при регулировании трудовых отношений;

– демократический коллективизм в управлении производством;

– организацию социального учета и отчетности;

– реализацию модели социальной ответственности бизнеса.

Однако при всей важности экономической и социальной составляющих особого внимания заслуживает природная (экологическая) составляющая, ибо отсутствие экологической устойчивости тормозит развитие цивилизации, а в конечном счете приводит к всеобщему коллапсу. Понятие устойчивого развития выходит за рамки экологической устойчивости, но ее обеспечение является непререкаемым приоритетом в решении рассматриваемой проблемы.

Определения *устойчивости природной системы*:

– свойство «сохранять или восстанавливать свою структуру и функцию при воздействии внешних (в том числе антропогенных) факторов» [23, с. 15];

– способность оставаться относительно неизменной или меняться в пределах своего структурно-функционального инварианта, либо возвращаться к нему за период их жизненного цикла или цикла внешнего воздействия [14, с. 206];

– внутренняя способность пребывать в состоянии, близком к равновесию, и возвращаться к нему после различных нарушений [5, с. 181];

– способность сохранять структуру при воздействии возмущающих факторов или возвращаться в прежнее состояние после нарушения [24, с. 223];

– способность оставаться относительно неизменной в течение определенного периода вопреки внешним и внутренним возмущени-

ям [25, с. 536];

– способность противостоять возмущающим факторам, которые в изобилии поставляет внешняя среда, и существовать в более или менее неизменном виде достаточно длительное время [26, с. 117];

– способность функционировать на определенном уровне, не выходя за рамки критических значений параметров ее компонентов под воздействием возмущающих факторов [27, с. 123];

– сохранение способности к самовосстановлению структуры после окончания антропогенного воздействия [10, с. 48].

На основании анализа рассматриваемых определений предложена авторская трактовка экологической устойчивости. *Экологическая устойчивость* – это такое состояние природной системы, при котором обеспечивается ее сбалансированное развитие, целостность системы в течение продолжительного периода времени за счет амортизации возмущающих воздействий, реализации механизма адаптации или возращения в исходное или близкое ему состояние после выхода из него под влиянием внешних и внутренних факторов.

С учетом имеющейся практики обеспечения экологической устойчивости возможно выделение следующих характеризующих ее классификационных признаков:

– устойчивость по отношению к этапам жизненного цикла предприятия;

– по отношению к составляющим природного потенциала;

– по отношению к компонентам природной среды.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ожегов С. И. Словарь русского языка. М. 1953. 848 с.
2. Власова М. С. Разработка механизма управления экономической устойчивостью горного предприятия при мониторинге его обязательных платежей: автореф. дис. … канд. экон. наук. М., 2003. 22 с.
3. Горное дело: терминологический словарь / Л. И. Барон [и др.]. М.: Недра, 1981. 479 с.
4. Политехнический словарь / под ред. И. И. Артоболевского. М. 1976. 608 с.
5. Экология России / под ред. А. В. Смурова, В. В. Снакина. М.: Изд. центр «Академия», 2011. 352 с.
6. Любушин Н. П., Лещева В. Б., Дьякова В. Г. Анализ финансово-экономической деятельности предприятия. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2004. 471 с.
7. Савицкая Г. В. Анализ хозяйственной деятельности предприятий. М.: ИП Экоперспектива, 1997. 498 с.
8. Справочник финансиста предприятия. М.: ИНФРА-М, 1996. 368 с.
9. Шеремет А. Д., Сайфуллин Р. С. Методики финансового анализа. М.: ИНФРА-М., 1995. 176 с.
10. Богданов И. Я. Экономическая безопасность России: теория и практика. М., 2001. С.
11. Бараненко С. П., Шеметов В. В. Стратегическая устойчивость предприятия. М.: Центрополиграф, 2004. 493 с.
12. Пчелинцев О. С. Региональная экономика в системе устойчивого развития. М.: Наука, 2004. 258 с.
13. Емельянов С. В., Коровин С. К. Новые типы обратных связей: управление при неопределенности. М.: Наука, 1997. 348 с.
14. Казаков Л. К. Ландшафтоведение. М.: Изд. центр «Академия», 2011. 336 с.
15. Редина М. М. Методологические принципы обеспечения эколого-экономической устойчивости предприятий нефтегазового комплекса: автореф. дис. … д-ра экон. наук. М., 2011. 40 с.
16. Демидович Б. П. Лекции по математической теории устойчивости. М.: Наука, 1967. 470 с.
17. Зельдович Я. Б., Мышкис А. Д. Элементы прикладной математики. М.: Наука, 1967. 848 с.
18. Лебедев В. В. Математическое моделирование социально-экономических процессов. М.: Изограф, 1997. 224 с.
19. Самарский А. А., Михайлов А. П. Математическое моделирование. М.: Наука, 1997. 320 с.
20. Шмидт А. В. Исследование, оценка и прогнозирование экономической устойчивости промышленного предприятия: автореф. дис. …канд. экон. наук. Челябинск, 2005. 24 с.
21. Данилов-Данильян В. И., Лосев К. С. Исходные положения устойчивого развития // Устойчивое развитие. 1999. № 4. С. 3–8.
22. Моделирование устойчивого развития как условие повышения экономической безопасности территории / А. И. Татаркин [и др.]. Екатеринбург. Из-во УрГУ, 1999. 275 с.
23. Емельянов А. Г. Основы природопользования. М.: Изд. центр «Академия», 2009. 304 с.
24. Исаченко А. Г. Ландшафтоведение и физико-географическое «районирование». М.: Высш. школа, 1991. 366 с.
25. Реймерс И. Ф. Природопользование. М.: Мысль, 1990. 638 с.
26. Трубецкой К. Н., Гапченко Ю. П., Бурцев А. И. Экологические проблемы освоения недр при устойчивом развитии природы и общества. М.: Научтехлитиздат, 2003. 262 с.
27. Камышев А. П. Анализ устойчивости природно-технических систем Севера Западной Сибири // Геоэкология. 2000. № 2. С. 116–126.

Поступила в редакцию 25 октября 2013 г.

Косолапов Олег Вениаминович – начальник Управления по недропользованию по Оренбургской области, кандидат экономических наук. 460000, г Оренбург, пр. Парковый, д. 6.

Игнатьева Маргарита Николаевна – доктор экономических наук, профессор кафедры экономической теории и предпринимательства. 620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30, Уральский государственный горный университет.

УДК 338.14:349:7

К ВОПРОСУ О СТРАХОВАНИИ ЯДЕРНЫХ РИСКОВ

А. Ю. Овчаров

Рассмотрены принципы ответственности за обусловленный ядерными инцидентами ущерб, история формирования этих принципов. Проведен анализ отражения принципов ответственности за обусловленный ядерными инцидентами ущерб в российском законодательстве, а также выявлены проблемы страхования ответственности за обусловленный ядерными инцидентами ущерб.
Ключевые слова: ядерные риски; катастрофы; ущерб; экономическое страхование.

Ядерная, радиационная и экологическая безопасность как составная часть национальной безопасности является обязательным условием устойчивого развития и выступает основой сохранения природных систем, поддержания соответствующего качества окружающей среды и соответствующего качества жизни общества. Проблемы гражданской ответственности за ущерб, причиненный в результате инцидентов на ядерных установках, вызвали в большинстве стран, приступивших в 1950-е гг. к использованию атомной энергии в мирных целях, необходимость в разработке специальных нормативных положений. Ввиду того, что этот вид деятельности считается, как правило, более рискованным, чем другие виды опасной деятельности, резко встал вопрос о создании особого правового режима в отношении ответственности за возможный экономический ущерб.

Одновременно с разработкой национального законодательства стали принимать меры по заключению международных соглашений ввиду особенностей источников ядерной опасности и возможности причинения в результате ядерного инцидента огромного по масштабам ущерба гражданам нескольких стран. Считалось, что создание международного режима ответственности за ядерный ущерб будет способствовать возбуждению исков и приведению в исполнение судебных решений без особых препятствий со стороны национальных правовых систем. Необходимость международного регулирования поддерживали прежде всего государства-участники совместной региональной деятельности в области ядерной энергии, в частности государства Организации европейского экономического сотрудничества (ОЕЭС), преобразованной впоследствии в Организацию экономического сотрудничества и развития (ОЭСР), и Европейского сообщества по атомной энергии (Евратома).

Помимо таких факторов, как тесные связи и сотрудничество, эти страны сталкивались также с трудностями в своих отношениях с поставщиками ядерного топлива и оборудования, неохотно предоставлявших материалы, использование которых могло привести к возникновению нечетко определенной, различной по объему и, вполне возможно, неограниченной ответственности перед пострадавшими и самими операторами. С другой стороны, правительства стран-экспортеров опасались возможных последствий для их граждан и для них самих ущерба, причиненного за границей в результате использования на ядерных установках материалов и оборудования, которые были экспортированы их гражданами, при их поддержке и на основе соглашений о межгосударственном сотрудничестве.

Через относительно непродолжительный период времени ответственность перед третьей стороной за ядерную деятельность стала регулироваться рядом международных конвенций. В целом, эти конвенции являются свидетельством, с одной стороны, признания на раннем этапе необходимости создания более четкой, более справедливой системы распределения потерь в целях повышения степени защищенности пострадавших от ядерных инцидентов и, с другой стороны – стремления содействовать развитию атомной промышленности [1].

Основные принципы, на которых в настоящее время базируются все международные соглашения и большинство национальных законодательных актов в области использования атомной энергии в мирных целях, были

разработаны в Парижской конвенции об ответственности перед третьей стороной в области ядерной энергии 1960 г., которая вступила в силу 1 апреля 1968 г. В настоящее время действует текст Парижской конвенции 1960 г. с поправками, принятыми в соответствии с Дополнительным протоколом от 28 января 1964 г., и Протоколом от 16 ноября 1982 г. Парижскую конвенцию ратифицировали 14 стран-участниц (Бельгия, Великобритания, Дания, Финляндия, Франция, Германия, Греция, Италия, Норвегия, Нидерланды, Португалия, Испания, Швеция и Турция).

Позднее была принята Брюссельская конвенция 1963 г., дополняющая Парижскую конвенцию, она вступила в силу 4 декабря 1974 г. Целью Брюссельской конвенции является увеличение объема возмещения за ущерб, выплачиваемого за счет финансовых средств государств и международных структур. Данная конвенция устанавливает региональную систему дополнительного покрытия ущерба, отчасти обеспечиваемого отвечающим за установку государством и отчасти – всеми договаривающимися сторонами вместе. Другими словами, не только отвечающее за установку государство обязано предоставить государственные средства в определенной сумме для покрытия ущерба сверх предела ответственности оператора, но и все договаривающиеся стороны.

21 мая 1963 г. под эгидой Международного агентства по атомной энергии (МАГАТЭ) была принята Венская конвенция о гражданской ответственности за ущерб от ядерных инцидентов. Она вступила в силу 12 ноября 1977 г. Целью Венской конвенции является установление некоторых минимальных норм для обеспечения финансовой защиты от ущерба, возникающего в результате определенных видов мирного использования ядерной энергии [2]. В отличие от Парижской конвенции, которая носит региональный характер, Венская конвенция является международной, т. е. присоединиться к ней могут все государства-члены ООН или МАГАТЭ, кроме того, в плане финансовых требований Венская конвенция содержит более гибкие правила. В настоящее время Венскую конвенцию ратифицировали 35 государств.

Российская Федерация подписала Венскую конвенцию в 1996 г., но до 2005 г. не ратифицировала ее, т. е. оставалась не защищенной от возможного ядерного инцидента в других странах. С другой стороны, Россия не гарантировала и им возмещение возможного ядерного ущерба в случае инцидента у своего ядерного оператора. Отражение принципов Венской конвенции присутствует в главе XII «Ответственность за убытки и вред, причиненные радиационным воздействием юридическим и физическим лицам, здоровью граждан» Федерального Закона № 170 «Об использовании атомной энергии» от 21.11.1995 г.

К основным принципам ответственности за обусловленный ядерными инцидентами ущерб относятся:

1) абсолютная ответственность оператора ядерной установки за ущерб;

2) ограничение ответственности оператора ядерной установки за ущерб по суммам возмещения и времени, в течение которого иски о возмещении ущерба могут быть предъявлены оператору;

3) обязательное финансовое обеспечение ответственности оператора (финансовая гарантия возмещения ущерба).

Абсолютная ответственность, т. е. ответственность без определения виновности существенно облегчает предъявление исков от имени пострадавших от ядерного инцидента, т. е. оператор ядерной установки (эксплуатирующая организация) несет ответственность за возмещение независимо от того, виновен он или нет. Истец должен лишь доказать причинно-следственную связь между ядерным инцидентом и ущербом, возмещения которого он требует, а оператор не может снять с себя ответственности, доказав, что он проявлял необходимую осмотрительность (согласно статьям II и IV Венской конвенции и статьи № 54 ФЗ-170). В статье IV Венской конвенции и статье № 54 ФЗ-170 прямо говорится об «абсолютной» ответственности, исключая распространение классических видов освобождения от ответственности, таких как: обстоятельства непреодолимой силы, стихийные бедствия или помехи, чинимые третьими лицами, независимо от того, имелись ли достаточные основания, чтобы их предвидеть и не допустить. Вместе с тем предусмотрены некоторые основания для освобождения от

ответственности. Фактически оператор не несет ответственности, если инцидент, причинивший ущерб, возник непосредственно в результате «вооруженного конфликта, военных действий, гражданской войны или восстания», а также если оператор докажет, что ущерб возник полностью или частично либо в результате грубой небрежности лица, которому причинен ущерб, либо в результате действия или бездействия такого лица с намерением причинить ущерб [3].

Принцип ограничения ответственности оператора по времени и суммам возмещения решает проблему, связанную с тем, что, с одной стороны, по гражданскому законодательству требуется полное возмещение причиненного ущерба виновником, с другой стороны, очевидно, что любое физическое или юридическое лицо, виновное за данный инцидент, имеет ограниченные финансовые возможности, а поэтому не в состоянии выплачивать возмещения, не ограниченные по суммам и по времени.

Ввиду того, что физическое увечье в результате радиоактивного воздействия может проявляться лишь через некоторое время после ядерного инцидента, установление слишком короткого периода ограничения ответственности было бы, безусловно, несправедливым. И Парижская, и Венская конвенции предусматривают потерю права на возмещение, если иск не возбужден в течение 10 лет со дня ядерного инцидента (статья VI, п. 1 Венской конвенции, статья VIII Парижской конвенции 1960 г.), однако признают приоритет национального законодательства в этом вопросе, если предусмотрен больший срок, то будет действовать период, установленный национальным законодательством. Единственным случаем, когда Венская конвенция устанавливает верхний предел по времени, в течение которого иски о возмещении ущерба могут быть предъявлены оператору ядерной установки, является причинение ущерба, связанного с ядерным материалом, который был во время ядерного инцидента похищен, утерян, выброшен или оставлен без присмотра. В этой ситуации срок предъявления исков не может быть менее 10 лет и более 20 лет со дня инцидента.

В Российской Федерации срок исковой давности по требованиям о возмещении убытков и вреда, причиненных радиационным воздействием имуществу или окружающей среде, в соответствии с Федеральным Законом «Об использовании атомной энергии» устанавливается в три года со дня, когда лицо узнало или должно было узнать о нарушении своего права. На требования о возмещении убытков и вреда, причиненных радиационным воздействием жизни и здоровью граждан, исковая давность не распространяется (статья № 58 ФЗ-170). В отношении требований о возмещении убытков и вреда, причиненных жизни и здоровью граждан, Закон «Об использовании атомной энергии» повторяет положения гражданского законодательства о неограниченной по времени сроку исковой давности в отношении вреда, причиненного жизни и здоровью (ГК РФ, Ч. 1, ст. № 208). Поскольку ответственность за вред и ущерб, причиненный радиационным воздействием, в соответствии со статьей № 53 ФЗ-170 несет эксплуатирующая организация, то это означает, что ответственность эксплуатирующей организации является неограниченной по времени.

Помимо ограничения по времени, ответственность оператора может быть ограничена по сумме. Согласно статье V Венской конвенции, отвечающее за установку государство может ограничить такую ответственность не менее чем 5 млн долларов США за каждый ядерный инцидент. Доллар Соединенных Штатов, указанный в Венской конвенции, определяется как расчетная единица, эквивалентная «стоимости доллара Соединенных Штатов по его золотому паритету на 29 апреля 1963 г., т. е. 35 долларов США за одну тройскую унцию чистого золота» [2]. Поэтому минимальная сумма ответственности, установленная в Конвенции, на самом деле существенно выше, чем может показаться на первый взгляд. Предусматривается также, что эта сумма может быть конвертирована в национальную валюту в округленных цифрах. В статье V также указывается, что сумма, получаемая в результате применения этого правила, не включает проценты и судебные издержки, установленные судом по искам о возмещении, поэтому они выплачиваются оператором в дополнение к любой сумме, которая с

него причитается. Ограничение суммы ответственности оператора, несомненно, предназначено для учета его интересов. Вместе с тем важно отметить, что в отличие от Парижской конвенции в Венской конвенции не устанавливается максимальной суммы ответственности, и поэтому отвечающее за установку государство вправе устанавливать более высокую сумму ответственности и даже вообще ее не ограничивать.

В статье VII Парижской конвенции устанавливается максимальный предел ответственности в отношении любого ядерного инцидента в размере 15 млн СПЗ (специальных прав заимствования – международных резервно-расчетных средств в рамках Международного валютного фонда. Курс СПЗ публикуется ежедневно и определяется на основе долларовой стоимости корзины из четырех валют: доллар США, евро, иена и фунт стерлингов). Вместе с тем государство, принимая во внимание возможности оператора в получении страхования или другого финансового обеспечения, может установить своим законодательством большую или меньшую сумму, но ни в коем случае не менее чем 5 млн СПЗ. В Протоколе 2004 г. о внесении поправок сумма ответственности была повышена до 700 млн евро, которая стала минимальным пределом.

В Российской Федерации в соответствии со статьей №55 ФЗ-170 максимальные пределы ответственности за убытки и вред, причиненные радиационным воздействием, в отношении любого одного инцидента не могут быть больше размера, установленного международными договорами Российской Федерации. Таким образом, размер ответственности эксплуатирующей организации (оператора) не ограничен по сумме возмещения (статья 1064 ГК РФ).

Принцип обязательного финансового обеспечения ответственности оператора состоит в том, что оператор должен иметь и поддерживать финансовое обеспечение для выполнения своих обязательств перед пострадавшими. В Венской конвенции этот принцип закреплен в статье VII. От оператора требуется поддерживать страхование или другое финансовое обеспечение, покрывающее его ответственность за ущерб в таком размере, такого вида и на таких условиях, как определяет отвечающее за установку государство. Отвечающее за установку государство обеспечивает выплату возмещений по удовлетворенным исковым требованиям против оператора за ядерный ущерб путем предоставления необходимых средств в том размере, в каком размер страхования или другого финансового обеспечения недостаточен для удовлетворения таких требований. В Российской Федерации в соответствии со статьей № 56 ФЗ-170 эксплуатирующая организация обязана иметь финансовое обеспечение предела ответственности, установленного статьей № 55 ФЗ-170. Финансовое обеспечение эксплуатирующей организации в случае возмещения убытков и вреда, причиненных радиационным воздействием, включает в себя: государственные гарантии или иные гарантии, собственные финансовые средства и страховой полис (договор). Причем наличие документального подтверждения указанного финансового обеспечения является необходимым условием для получения эксплуатирующей организацией разрешения (лицензии).

Исходя из анализа отражения основных принципов международных договоров в области ответственности за обусловленный ядерным инцидентом ущерб в Российском законодательстве, можно сделать следующие выводы:

1. Эксплуатирующая организация несет абсолютную ответственность за причинение ущерба в отношении здоровья и жизни граждан Российской Федерации и граждан стран-участниц Венской конвенции 1963 г., имущества физических и юридических лиц, окружающей среды.

2. Ответственность эксплуатирующей организации является неограниченной по времени;

3. Размер ответственности эксплуатирующей организации не ограничен по сумме возмещения;

4. Минимальный размер финансового обеспечения рисков эксплуатирующей организации определен в статье V Венской конвенции и рассчитывается по формуле: (5 млн/35) × стоимость одной тройской унции чистого золота в долларах США, и равен примерно 187 млн 285 тыс. долларов США, или 6

млрд 40 млн рублей (на октябрь 2013 г.).

Учитывая сделанные выводы и то, что вероятность аварий на объектах атомной промышленности очень низка (по официальным данным, ядерных инцидентов и исков о возмещении ядерного ущерба в Российской Федерации не было), величина причиненного ущерба, если бы такой инцидент произошел, может быть очень значительной, а также то, что в отличие от других видов техногенных аварий ущерб, причиненный радиоактивным воздействием, может проявляться спустя большое количество времени (даже в следующих поколениях) и охватить огромные территории (включая территории соседних стран), следует отметить, что традиционные виды страхования, основанные на математической статистике и теории вероятности, не смогли бы обеспечить развитие атомной промышленности при условии полной и оперативной выплаты достаточного возмещения за причиненный ущерб. Отсюда общепризнанной практикой является страхование ядерных рисков в национальных ядерных страховых пулах. В мировой практике нет ни одного случая страхования ядерных рисков в отдельных страховых компаниях. Страховой пул – это добровольное объединение страховщиков без регистрации юридического лица, созданное на основе соглашения между ними в целях обеспечения финансовой устойчивости страховых операций на условиях солидарной ответственности его участников за исполнение обязательств по договорам страхования, заключенных от имени участников пула.

Российский ядерный страховой пул (РЯСП) функционирует с 1997 г. В настоящее время в него входят 23 страховых компании, часть которых имеет наивысший рейтинг по национальной рейтинговой шкале, а также рейтинг в международных рейтинговых компаниях Moody's, S&P. РЯСП ведет работу по организации страхования и перестрахования ответственности за причинение вреда при эксплуатации объектов ядерной энергетики. Емкость РЯСП для отечественных рисков в 2012 г. достигла 200 млн долларов, для зарубежных рисков – 50 млн долларов, в перестрахование принимались риски из 11 стран, риски РЯСП перестраховывали компании из 12 стран. Совокупная страховая премия за 2012 г. составила 555,74 млн рублей, перестраховочная премия по входящему перестрахованию – 98,09 млн рублей [4]. Исходя из анализа финансовых показателей РЯСП, можно сделать вывод о возможности возмещения убытков страхователю в объеме, определенном Венской конвенцией 1963 г., правда, в случае крупной аварии страховое возмещение ущерба покроет лишь незначительную часть суммы ядерного ущерба.

Это, безусловно, значимая, но далеко не единственная проблема страхования ядерных рисков. При анализе типовых правил страхования гражданской ответственности эксплуатирующих организаций – объектов атомной промышленности ведущих страховых компаний, входящих в РЯСП, – были выявлены следующие проблемы:

1) не подлежит возмещению Страховщиком вред, причиненный третьим лицам в результате радиационной аварии, возникшей вследствие обстоятельств непреодолимой силы, а также террористических актов, что противоречит принципу абсолютной ответственности Венской конвенции;

2) договор страхования гражданской ответственности в соответствии с законодательством Российской Федерации относится к договорам имущественного страхования. Таким образом, у страховщика будут основания отказать в выплате страхового возмещения, ссылаясь на срок исковой давности, в то время как у страхователя (оператора ядерной установки) оснований для такого отказа нет;

3) страховая сумма в договоре страхования – это существенное условие договора страхования. Именно в пределах страховой суммы страховая компания осуществляет страховые выплаты. Однако размер ответственности эксплуатирующей организации не ограничен по сумме возмещения;

4) не возмещается вред, причиненный окружающей природной среде;

5) отсутствуют общепризнанные методики по определению величины ущерба [5].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Амелина М. Е., Арсентьев С. В., Молчанов А. С. Гражданская ответственность за ядерный ущерб при эксплуатации транспортабельных атомных энергетических установок (ТАУ) // Актуальные вопросы международного ядерного права: материалы симпоз. (8 июня 2010 г.). М., 2010.

2. Васильева Л. Ф. Особенности гражданско-правовой ответственности за вред, причиненный радиационным воздействием при использовании атомной энергии в мирных целях // Российская юстиция. 2008. № 5. С. 13–16.
3. Венская конвенция о гражданской ответственности за ядерный ущерб. Принята в г. Вене 21.05.1963 г. на Международной конференции по гражданской ответственности за ядерный ущерб.
4. Венская конвенция о гражданской ответственности за ядерный ущерб 1997 года. Сводный текст Венской конвенции о гражданской ответственности за ядерный ущерб от 21 мая 1963 г. с поправками, внесенными Протоколом от 12 сентября 1997 года, выпущенный Секретариатом Международного агентства по атомной энергии.
5. Венская конвенция 1997 года о гражданской ответственности за ядерный ущерб и Конвенция 1997 года о дополнительном возмещении за ядерный ущерб. Пояснительный текст. Всеобъемлющее исследование режима ответственности за ядерной ущерб Агентства, проведенное Международной группой экспертов МАГАТЭ по ядерной ответственности (ИНЛЕКС). Июль 2004 г.
6. Галушин Н. В. Четвертая пятилетка ядерного страхования – углубление и развитие международных связей. URL: http://www.insur-info.ru/interviews/866.
7. Гражданский кодекс РФ (1, 2 ч.) с изменениями и дополнениями от 20 февраля, 12 августа 1996 г.
8. Попов А. В. Правовое регулирование гражданской ответственности за ядерный ущерб // Международный форум АТОМЭКСПО, 2012.
9. Правила страхования гражданской ответственности эксплуатирующих организаций – объектов использования атомной энергии ОАО «СОГАЗ». 12 апреля 2007 г.
10. Об использовании атомной энергии: федер. закон № 170 от 20.10.95 г.

Поступила в редакцию 16 октября 2013 г.

Овчаров Андрей Юрьевич – аспирант очной формы обучения. 620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30, Уральский государственный горный университет. E-mail: andreyovcharov88@gmail.com

УДК 330.342.24

НОВАЯ ИНДУСТРИАЛИЗАЦИЯ И ЭКОНОМИКА ЗНАНИЙ: ОСНОВАНИЯ РАЗВИТИЯ

А. В. Душин

В статье дан краткий обзор условий новой индустриализации, проведен анализ состояния и перспектив развития рециклинга металлов в России и в мире. Собраны и проанализированы данные по тенденциям развития рынков, наиболее масштабных по объемам потребления металлов. Обобщены результаты исследований по динамике социально-экономических процессов в мире. Определены приоритеты развития рециклинга металлов в России и в мире.

Ключевые слова: новая индустриализация; рециклинг металлов; экономика знаний; техногенное сырье.

Новая индустриализация России за счет значительного повышения эффективности промышленного производства и создания новых высокопроизводительных рабочих мест обостряет вопрос расширенного воспроизводства национальных экономических ресурсов, включая минерально-сырьевую базу, а также вопросы развития и модернизации существующих технологий, формирования институтов распространения знаний. Расширенное воспроизводство возможно на основе наращивания интеллектуального капитала саморазвивающихся регионов с учетом технологий, имеющихся в распоряжении региональных экономических систем, усиления эффективности управления их социально-экономическим развитием, включая финансовое обеспечение процессов саморазвития. Сегодняшняя структура российской экономики открывает значительные инвестиционные ниши для создания новых высокотехнологичных рабочих мест, в первую очередь, в промышленном секторе, среди предприятий, ориентирующихся на удовлетворение внутреннего спроса (импортозамещение); в производствах по глубокой переработке российского сырья и ресурсоемких производствах, ориентированных в основном на экспорт; в традиционных высокотехнологичных российских отраслях – энерго-, атомном и других секторах машиностроения; в имеющих огромный потенциал развития сельском хозяйстве и жилищном строительстве; в секторе «новой экономики» – «постиндустриальных» отраслях и частных компаниях, которые должны занять свои места в социальной сфере (медицина, образование, социальные услуги).

Актуальность исследования определяется в значительной мере сопряжением вектора развития минерально-сырьевого комплекса с вектором развития экономики знаний, обоснованным выбором объектов для вовлечения в хозяйственный оборот на инфраструктурно не освоенных территориях, созданием институциональной среды недропользования высокого качества, обеспечивающей низкие институциональные риски и трансакционные издержки и др.

К настоящему времени вопросы развития экономики знаний довольно широко представлены в литературе. Как известно, теоретические основы экономики знаний были заложены работой Фр. Махлупа (1962 г.) [1]. В России наибольшую известность приобрели работы по экономике знаний академика В. Л. Макарова (2003 г.) [2], вопросы институтов развития экономики знаний детально рассмотрены в работах Е. В. Попова и М. В. Власова (2012 г.) [3]. Вместе с тем проблема развития базовых отраслей в условиях постиндустриальной экономики остается нерешенной в современной литературе. Необходимость обеспечения экономической безопасности в условиях глобализации, наиболее остро проявляющаяся именно в сырьевом секторе, в очередной раз подтвердила потребность в сохранении национального индустриального ядра экономики для развития, в том числе постиндустриальной экономики – экономики знаний.

С позиции теории технологических укладов, происходящие в мировой экономической системе изменения свидетельствуют о развитии нового VI технологического уклада, связываемого с постиндустриальной экономикой (2010–2040 гг.). При этом участие сферы природопользования меняется в силу изменения ключевых ресурсов, потребность в которых определяется новыми технологиями, лежащими в ядре нового уклада. Происходящие

изменения, относимые исследователями к экономике знаний, составляют суть процесса гуманизации экономики. При этом развитие экономики знаний некоторыми исследователями воспринимается как альтернатива индустриальному развитию на основе использования природных ресурсов. Однако, по нашему мнению, несмотря на то, что потребление природных ресурсов может измениться и количественно и качественно, базовый характер природоэксплуатирующих отраслей сохранится, поскольку во многих отношениях эта отрасль безальтернативна.

Прогрессивное значение становления и развития экономики знаний заключается, в том числе, в неубывающей отдаче от потребляемых производственных факторов. Проникновение и развитие в современных экономических подходах аксиологических аспектов теории ценности привели, в том числе, к так называемой «гуманизации» экономики. При этом «гуманизация» экономики не только включает в себя возрастание роли человеческого капитала и нематериальных активов, а прежде всего, проявляется как признание человека, его способностей не только в качестве трудового ресурса, производственного фактора, но и ключевой ценности. Аналогичным образом природа начинает приобретать статус ключевой ценности и перестает оцениваться только как производственный фактор.

Развитие экономики знаний обусловлено тремя тенденциями: 1) успехи в развитии микроэлектроники и IT-технологий; 2) активная урбанизация населения Земли; 3) глобализация. Себестоимость продукции на единицу полезного эффекта за два десятилетия снизилась в современной электронной промышленности в десятки тысяч раз [4]. Возможности, которые представляет развитие высокотехнологичных отраслей промышленности, меняют структуру мировой экономической системы и привлекают в города все большее число людей. Согласно оценкам ООН, с 2000-х гг. к 2030 г. доля урбанизированного населения в странах Азии и Африки вырастет с 37 до 55 %, в развитых странах – с 74 до 82 % [5]. Высокая концентрация населения и инфраструктуры, а также глобальный характер происходящих изменений определяет развитие экономики знаний.

В настоящее время численность населения развитых стран уже стабилизировалась на уровне одного миллиарда, и в этих странах наблюдается ряд явлений, которые в скором времени дадут о себе знать и в развивающихся странах [6]. В этой связи чрезвычайно обостряются вопросы качества экономического роста. Требуется распространение по миру таких технологий, которые позволили бы обеспечить развитие человечества неограниченно долго, и среди таких решений уже сейчас можно назвать: технологии рециклинга, альтернативные «неисчерпаемые» или возобновляемые источники энергии. Вместе с тем, по оценкам крупнейших мировых горнодобывающих компаний, проблема избыточных мощностей, с которой столкнулись базовые отрасли мировой экономической системы в 80-х гг. прошлого века, с высокой долей вероятности не грозит в перспективе до 2025–2030 гг. по наиболее востребованным металлам благодаря социально-экономической динамике в развивающихся странах, рост ВВП которых неизбежно вызовет увеличение их потребления.

Для перспектив развития базовых отраслей, глобальных процессов воспроизводства МСБ также важнейшим показателем является динамика урбанизации населения. Согласно прогнозам ООН, к 2025 г. городское население в Китае увеличится более чем на 350 млн чел., в Индии – на 215 млн чел. Кроме того, по пути повышения уровня жизни и урбанизации населения пойдут развивающиеся страны с населением свыше 50 млн человек (среди которых: Индонезия, Бразилия, Пакистан, Бангладеш, Нигерия, Россия, Мексика, Филиппины, Вьетнам, Эфиопия, Египет, Турция, Иран, Таиланд, Демократическая Республика Конго, Мьянма, ЮАР) [5]. Такая демографическая динамика потребует существенных инвестиций в инфраструктуру, производственные мощности, что приведет к росту потребления первичного и оборотного металла. Кроме того, потребуется существенный рост производительности труда в сельском хозяйстве за счет повышения уровня механизации и использования удобрений, что также скажется на уровне потребления металла и минеральных удобрений. С учетом этого компания Rio Tinto прогнозирует точку насыщения, когда удельное потребле-

ния металла не возрастает при росте доходов, по стали и меди ожидается в перспективе в 2025–2030 гг., по никелю и титану – в 2040 г., по алюминию в обозримой перспективе точка насыщения не будет достигнута.

Дальнейшее социально-экономическое развитие в развитых и развивающихся странах на основе городских агломераций, по мнению экспертов, будет происходить с учетом следующих тенденций: полицентризма, ограничения территориального роста городских агломераций, развития альтернативных источников электроэнергии, в том числе выполнения транспортной инфраструктурой роли энергогенерирующей инфраструктуры [7]. Данные тенденции будут способствовать удельному росту потребления стали на единицу продукции. Высотность зданий способствует как абсолютному, так и удельному росту потребления стали: менее 8 этажей – 5–40 кг/м^2, от 8 до 12 этажей – 40–50 кг/м^2, от 12 до 18 этажей – 50–70 кг/м^2 , от 18 до 32 этаже – 60–100 кг/м^2, от 32 до 50 этажей – 80–120 кг/м^2 , от 50 до 100 этажей – 110–220 кг/м^2. Использование нетрадиционных, альтернативных (чистых) источников энергии (солнечная энергия, энергия ветра), также отличается значительно более высоким удельным расходом стали на кВт/ч в сравнении с атомной и угольной энергетикой. Среди технологий вовлечения вторичных ресурсов и использования твердых бытовых отходов к настоящему времени наиболее совершенными являются технологии рециклинга металлов. Рециклинг металлов, значительно лидируя в сравнении с другими технологиями использования вторичных ресурсов, тем не менее даже по наиболее рециклируемому металлу – свинцу способен покрыть потребности только на 85 %. В связи с этим можно с уверенностью сделать вывод: развитие экономики знаний должно опираться на мощные базовые отрасли промышленности.

Оценивая долгосрочные перспективы в потреблении первичных металлов, компания Rio Tinto ожидает двукратное увеличение спроса на железную руду к 2030 году относительно 2010. Перспективный рост спроса связан с ростом урбанизации населения, удвоением мирового городского населения с 3 млрд до свыше 6 млрд человек к 2050 году. Только Китай к 2020 году планирует[1] увеличить по сравнению с 2010 г. на 30 тыс. км протяженность железных дорог, на 35 тыс. км длину автомагистралей, построить 177 новых аэропортов, на 76 % увеличить пропускную способность контейнерных терминалов. В связи с этим ожидается, что потребление алюминия только в КНР возрастет на 18,5 млн т (с 13 до 31,5 млн т), что потребует увеличения производства глинозема на 36 млн т, бокситов на 90 млн т, энергии – на 32 ГВт. Спрос на первичную медь в перспективе 2020 г. вырастет по меньшей мере на 38 %[2]. При этом произойдет ухудшение качества мировой минерально-сырьевой базы: среднее содержание меди в руде к 2025 г. снизится до 0,70–0,85 %, в этом случае затраты электроэнергии на тонну меди вырастут более чем на 15 %. В среднем по миру существенно вырастут удельные капитальные затраты на объектах, вводимых в хозяйственный оборот. Для сравнения, если у проектов освоения медьсодержащих руд Los Pelambres и Collahuasi, реализованных в период 1995–2000 гг., капитальные затраты на тонну проектной мощности составляли 5−6 тыс. дол./т, у проектов RT Sulphides, Gaby, Lumwana, Cerro Verde Mill, реализованных в период 2005−2010 гг., капитальные затраты на тонну проектной мощности составляли 2−7,5 тыс. дол./т, то у проектов Andina Phase I, Salobo I, Tenke Fugurume, Toromocho, Oyu Tolgoi, Caserones, MH, реализуемых в период 2009−2013 гг., аналогичный показатель составляет 11,5−18,5 тыс. дол./т. Таким образом, в перспективе обостряется проблема обеспечения производственной сферы экономически эффективными минеральными ресурсами и повышается инвестиционная привлекательность проектов по освоению вторичных ресурсов. Развивающиеся страны, в первую очередь КНР, становятся наиболее активными игроками на рынке вторичных ресурсов и в перспективе обладают наибольшим потенциалом для развития рециклинга. Эта тенденция справедлива и для России,

[1] По данным Yearbook of China Transportation and Communications, CIA Factbook, World Bank.
[2] По данным Rio Tinto, Brook Hunt a Wood Mackenzie Company.

однако уплотнение и интенсификация производственной, транспортной и энергетической инфраструктуры в регионе Юго-Восточной Азии позволяет именно там добиться наибольших экономических эффектов от внедрения процессов вторичного использования сырья и рециклинга.

Вместе с тем в России в настоящее время сохраняется динамика умеренного сокращения населения страны. Согласно Концепции демографической политики Российской Федерации на период до 2025 года [8], к 2025 году предполагается: обеспечить постепенное увеличение численности населения (в том числе за счет замещающей миграции) до 145 млн человек; увеличить ожидаемую продолжительность жизни до 75 лет; увеличить в 1,5 раза по сравнению с 2006 годом суммарный коэффициент рождаемости, снизить уровень смертности в 1,6 раза; обеспечить миграционный прирост на уровне более 300 тыс. чел. ежегодно. Локомотивом экономического роста в развивающихся странах становится урбанизация. Потенциал дальнейшей урбанизации в России более ограничен в сравнении с другими развивающимися странами. Тем не менее, приоритет социально ориентированных целей экономического развития России, отраженный в документах стратегического развития, выбор в качестве драйверов инновационного развития таких секторов как ЖКХ, дорожное строительство (в т. ч. скоростные железные дороги) и социальные услуги − определяют перспективный спрос на металлы в России и на Урале [9]. Кроме того, резерв существенного роста потребления металлов определяется необходимостью значительного обновления основных производственных фондов отечественных предприятий.

Подводя итог, можно сказать, что основными причинами в среднем низкого уровня развития процессов рециклирования в России являются:

– несовершенство нормативно-правовой базы в сфере обращения с отходами производства и потребления (это касается как ее ограниченности, так и невысокой эффективности используемых механизмов стимулирования);

– недостатки существующей в России практики сбора и утилизации твердых бытовых отходов (ТБО), не предусматривающей селективный сбор содержащихся в них полезных компонентов, пригодных для повторного использования, в среднем низкая бытовая культура населения в области утилизации ТБО;

– несовершенство инфраструктуры сбора и переработки вышедшей из употребления промышленной продукции конечного использования;

– недостаточное информационное обеспечение предпринимательского сообщества о возможностях, перспективах и экономической привлекательности работы в сфере использования вторичных ресурсов;

– недостаточное развитие малого и среднего бизнеса в России;

– низкая плотность транспортной инфраструктуры в России;

– узость рынка сбыта новых и уже существующих технологий вторичного использования и рециклинга в России;

– существенное сокращение промышленного потенциала российского машиностроения.

Перспективные направления совершенствования государственного регулирования в области развития процессов рециклинга:

– реализация принципа ответственности производителей за сбор и переработку некоторых видов продукции и ее упаковки после использования;

– широкая государственная поддержка научно-исследовательских программ в области разработки и продвижения технологий рециклинга и вторичного использования сырья;

– предоставление предприятиям по сбору и переработке отходов налоговых льгот, льготных кредитов и льготных транспортных тарифов;

– государственное стимулирование развития рынка сбыта технологий вторичного использования сырья и рециклинга, программные государственные инициативы в области утилизации ТБО, организация конкурсов, тендеров на оказание соответствующих услуг;

– развитие производственной, транспортной и энергетической инфраструктуры, стимулирование развития малого и среднего бизнеса в России.

Новая индустриализация предполагает формирование следующих приоритетов воспроизводства минерально-сырьевой базы в области государственной сырьевой политики:

1) обеспечение институциональной среды недропользования высокого качества;

2) разработка и внедрение системы стимулов для повсеместной реализации процедур рециклинга;

3) повышение эффективности использования первичных ресурсов, снижение потерь при добыче и извлечении сырья, сокращение масштабов антропогенного вмешательства в природную среду;

4) реализация мер государственной поддержки развития научных и научно-образовательных центров по разработке и внедрению технологий извлечения, переработки минерального сырья и продуктов его передела;

5) совершенствование взаимодействия между федеральным центром и субъектами федерации с целью стимулирования региональных инициатив по воспроизводству минерально-сырьевой базы (переход от жестко централизованной модели федерализма, когда федеральный центр распределяет все финансовые потоки, на более гибкую полицентрическую модель, в которой федерация устанавливает режимы хозяйствования в субъектах федерации);

6) развитие и популяризация здорового образа жизни, бережного отношения к природной среде, высоких экологических стандартов (в том числе раздельная утилизация мусора, широкое использование в быту энергоэффективных технологий и возобновляемых источников энергии).

7) Развитие принципов регионального саморазвития.

Основанием новой индустриализации отечественной промышленности является необходимость обеспечения экономической безопасности России в условиях глобализации, развитие VI технологического уклада, связанного с экономикой знаний, опирающееся на модернизированное индустриальное ядро, в том числе включающее базовые отрасли промышленности.

Статья подготовлена при финансовой поддержке гранта РГНФ №13-32-01258 «Оценка потенциала новой индустриализации в регионах России».

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Machlup F. The Production of Information and Knowledge. NY.: Princeton University Press, 1962.

2. Макаров В. Л. Экономика знаний: уроки для России // Вестник РАН. 2003. № 5. С. 450–456.

3. Попов Е.В., Власов М.В. Институты знаний. Екатеринбург: Институт экономики УрО РАН, 2012. 256 с.

4. Глазьев С. Ю., Львов Д. С., Фетисов Г. Г. Эволюция технико-экономических систем: возможности и границы централизованного регулирования. М.: Наука, 1992. 208 с.

5. World Population Prospects: The 2010 Revision // URL: http://esa.un.org/wpp/Excel-Data/population.htm

6. Капица С. П. Парадоксы роста: Законы глобального развития человечества / С. П. Капица. 2-е изд., доп. и перераб. М.: Альпина нонфикшн, 2012. 204 с.

7. Ермак С. Новая городская утопия // Эксперт Урал. 2012. № 35 (521). С. 8–11.

8. Концепция демографической политики Российской Федерации на период до 2025 года // URL: http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/70088244/

9. Сага о форсайте / [Толмачев Д. Е. и др.] // Эксперт. 2012. № 27 (518). С. 16–22.

Поступила в редакцию 8 ноября 2013 г.

Душин Алексей Владимирович – кандидат экономических наук, заведующий кафедрой экономики и менеджмента. 620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30, Уральский государственный горный университет. E-mail: dushin.a@list.ru

УДК 330.46

ФОРМИРОВАНИЕ ЛОКАЛЬНЫХ ПОТЕНЦИАЛОВ ПРЕДПРИЯТИЯ

В. Е. Стровский, О. В. Косолапов

Раскрываются методологические положения формирования локальных потенциалов предприятия, которые рассматриваются с позиции социально-экономической системы. Структуризация модели социально-экономической системы (предприятия) по видам локальных потенциалов и характеру организации производства позволяет получить интегральную характеристику реализуемой деятельности в различных подсистемах. Приводятся рекомендуемые авторами принципы, используемые при формировании локальных потенциалов.
Ключевые слова: система; локальные потенциалы; модель; структуризация; принципы.

Формирование экономического потенциала предприятия базируется на методологических принципах, исходной позицией которых служит признание необходимости системного подхода в управлении и соответственно использования понятия «система» в отношении объекта управления – предприятия. Наиболее часто употребляемые определения термина «система» это:

– набор объектов, обладающих данными свойствами, и связи между объектами и их свойствами;

– взаимосвязанный комплекс функционально соотнесенных компонентов;

– совокупность взаимодействующих элементов, составляющих целостное образование, имеющее новые свойства по отношению к ее элементам;

– нечто целое, состоящее из взаимосвязанных и взаимодействующих частей и т. д.

При всем многообразии систем условно их можно подразделить на три вида: технические, биологические и социальные, в том числе социально-экономические, к которым относятся производственно-хозяйственные комплексы предприятия, отрасли, экономические системы регионов и народное хозяйство в целом. Отличительной особенностью последних является то, что их необходимым элементом выступает человек, активно участвующий в формировании этих систем, их функционировании и развитии. Интенсивность обмена с внешней средой позволяет рассматривать их как открытые. В общем укрупненном плане схема функционирования системы предприятия отражена на рис. 1.

Из схемы следует, что системная модель предприятия взаимодействует с внешней средой, в результате чего в систему извне поступают информация, материальные ресурсы и др. В силу открытости система не страдает от энтропии (иссякания), однако для обеспечения устойчивости (гомеостаза) вход ресурсов должен возмещать выход, а также те

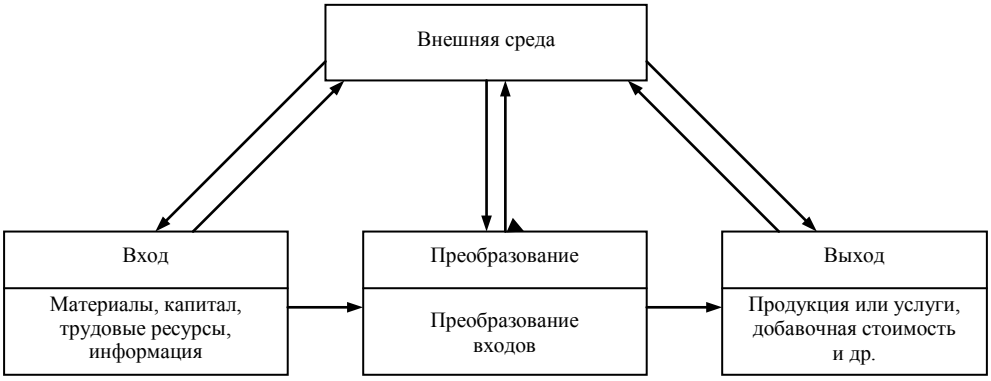


Рис. 1. Системная модель предприятия

материалы и энергию, которые используются в процессе преобразования входов. При этом считается, что гомеостаз (устойчивое состояние) всегда предполагает движение, т. е. име-

ет место динамический гомеостаз, или своего рода динамическое равновесие.

Преобразованием в системной модели предприятия служит трансформационный процесс формирования полезных результатов (выходов), сопровождаемый расходом поступающих в систему ресурсов. В свою очередь, преобразователь предусматривает наличие средств и предметов труда, которые приводятся во взаимодействие с помощью трудовых ресурсов, т. е. содержание производства определяет в данном случае трудовая деятельность. К числу основополагающих признаков социально-экономической системы относятся: целостность, взаимосвязанность элементов системы, сложность, адаптивность, динамизм, автоматизм, стохастичность и способность к развитию. Все части системы объединены и составляют единое целое, что становится возможным в первую очередь благодаря наличию целевого признака, т. е. общности цели создания и функционирования. Целое в данном случае не является простой суммой всех частей системы, а представляет собой новое качество, новые свойства, которые отсутствуют у его элементов. Если взаимодействие элементов системы недостаточно четко обусловлено общими целями, оно постепенно ослабевает и система может распасться. Взаимосвязь элементов системы такова, что функционирование одних из них зависит от функционирования других, отсюда нарушения в функционировании любого элемента системы незамедлительно сказывается на функционировании всей совокупности элементов, зачастую приводя к снижению качества или полной остановке этого процесса. Для социально-экономической системы характерны большое количество элементов, их разнотипность и многофункциональность, величина и сложность системы обуславливают в данном случае возможность расчленения системы на блоки и модули.

Признак автоматизма системы проявляется в способности автоматического выполнения отдельных функций даже при отсутствии соответствующих управляющих сигналов, а признак адаптивности – приспосабливаемость системы к изменениям в окружающей среде. Вероятностный характер функционирования, связанный с неопределенностью ситуации во внешней среде и в процессах, протекающих в самой системе, идентифицирует признак стохастичности. И, наконец, нельзя обойти вниманием и такие свойства системы, как динамизм и способность к развитию. Первое из них отражает возможность внесения изменений в систему, обусловленных временным фактором. Второе свидетельствует о необходимости постоянного совершенствования системы, изменения ее функций, улучшения ее структуры.

Сложность и размеры социально-экономических систем предполагают их декомпозицию по определенным признакам, т. е. выделение в составе системы ряда подсистем, которые могут рассматриваться в качестве самостоятельных систем при определенных обстоятельствах. Выделение подсистем зависит от целей исследования, от используемого аппарата анализа и т. д. Структурирование различного типа подсистем позволило сформировать модель социально-экономической системы предприятия (рис. 2).

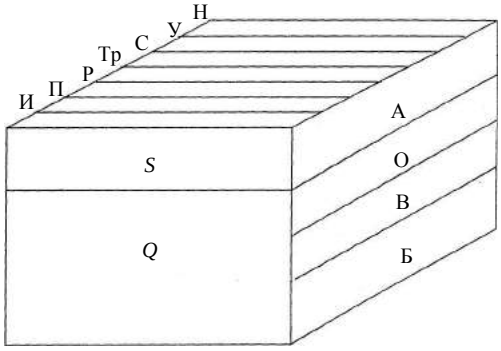


Рис. 2. Структурная модель социально-экономической системы (предприятия)

В данном случае *S* и *Q* представляют собой две основополагающих подсистемы – управляющую и управляемую, которые присутствуют в любой социально-экономической системе. К управляемой подсистеме относятся все элементы, обеспечивающие непосредственный процесс создания материальных благ или оказания услуг. К управляющей – те, которые обеспечивают процесс целенаправленного воздействия на коллективы людей и ресурсы управляемой системы. В зависимости от вида ресурсов в составе социально-экономической системы выделяют локальные потенциалы: информационный

(И), инновационно-производственный (П), в том числе инновационно-технический (Т), ресурсно-обеспечивающий (Р), трудовой ($Т_р$), социально-духовный (С), организационно-управленческий (У), нематериальных активов (Н). И, наконец, А, О, В и Б отражают структурирование социально-экономической системы с точки зрения организации производств. В этом случае А представляет собой подсистему аппарата управления, $О_1$, $О_2$, $О_3$,..., $О_n$ – подсистемы основного производства; $В_1$, $В_2$, $В_3$,..., $В_n$ – подсистемы вспомогательного производства; $Б_1$, $Б_2$, $Б_3$,..., $Б_n$ – подсистемы обслуживающего производства.

Представленная модель является средством получения интегральной характеристики того, как реализуется деятельность в различных подсистемах. В частности, если обратиться к рассмотрению инновационно-технического потенциала, который охватывает взаимосвязанный комплекс оборудования, сочетающегося по мощности и функциональной принадлежности, то его декомпозиция по подсистемам структурной организации предполагает рассмотрение инновационно-технического потенциала добычных и проходческих работ, инновационно-технического потенциала транспортного цеха и т. д., а также инновационно-технического потенциала аппарата управления.

Самым тесным образом с понятием «система» связано понятие «системный подход», предполагающий рассмотрение объектов управления как многокомпонентных систем, представляющих совокупность взаимосвязанных и взаимодействующих элементов, частей, вносящих свой вклад и влияющих на результат функционирования и использования последнего. Системный подход означает прежде всего переход от элементаризма к новому научному эталону – синтетическому описанию и целостности как основе принципа системности [1–5]. Главной идеей системного подхода является то, что ни одно действие не предпринимается в изоляции от других. Системный подход в управлении позволяет избегать ситуаций, когда решение в одной области превращается в проблему для другой.

В научной литературе нередки случаи, когда системный подход отождествляется с комплексным, хотя эти понятия различны. Согласно теории систем, понятие «системность» характеризует в первую очередь целенаправленность, организованность, тогда как понятие «комплексность» в большей степени – взаимосвязанность, исходя из охвата проблемы. С этих позиций «системность» в определенной степени шире понятия «комплексность», так как первое охватывает связи как одного уровня, так и между уровнями, а второе в основном касается связей одного или смежных уровней иерархической структуры управляемой системы.

В отечественной теории управления к числу основных функций управления относят: планирование, организацию, регулирование, мотивацию и контроль. Выполнение указанных функций предполагает реализацию условия системности. В полной мере это относится к каждой из функций, в том числе к планированию. С его помощью обеспечивается единое направление усилий к достижению общесистемной цели. В условиях рыночной экономики планирование в рамках предприятия представляет собой процесс непрерывной творческой деятельности, научно обоснованную систему свободного выбора основных видов продукции и услуг предприятия, важнейших экономических и социальных целей его перспективного развития, наилучших технических средств и организационных способов решения выдвинутых и перспективных целей и задач [6].

Как следует из содержательного наполнения функции «планирование», именно к ней относится и управленческая деятельность по формированию локальных потенциалов, определение того желаемого состояния последних, которого необходимо достичь с помощью комплекса соответствующих мероприятий. Обеспечение наиболее рационального, целесообразного использования человеческого потенциала, материальных запасов, рабочего времени, денежных средств, информационных возможностей и, что немаловажно, технического потенциала является обязательным условием планирования экономической деятельности предприятия. Возможность приближения к конечным результатам делает процесс планирования одной из наиболее значимых управленческих функций, которой присущи помимо принципа сис-

темности такие общеэкономические принципы, как целенаправленность, комплексность, оптимальность, эффективность, научность, приоритетность, сбалансированность, директивность, конкретность, риск и т. д. [7–11].

Важным фактором в процессе управления и реализации управленческих функций является выработка управленческих решений, которая представляет собой по существу информационный процесс, связанный со сбором и анализом информации, формированием информационного образа модели управления, выбором предпочтительного варианта. Управление тесно связано с наличием сущностной и целевой информации, позволяющей получить информационный образ управляющего воздействия. Не менее важную роль играет и информация обратной связи.

Достоверность и своевременность обратной информационной связи способствуют повышению качества и действенности управления. Принцип обратной связи находится в единстве с целенаправленностью управления, так как поступление информации по каналам обратной связи дает возможность оценить достижение (или не достижение) запланированного результата. Информация лежит в основе всех основополагающих функций управления и предполагает использование системы экономических показателей. В зависимости от типа управления, внутренних и внешних условий характер и способ применения информации меняется, однако информационная природа управления сохраняется.

Рекомендуемые принципы, используемые при формировании локальных потенциалов, включают в себя:

– во-первых, системность, т. е. учет взаимозависимости локальных потенциалов, а также внешних воздействий, оценку и прогноз возможных последствий как в отношении результативности их функционирования, так и в обеспечении конечных результатов всего предприятия;

– во-вторых, сбалансированность, требующую пропорциональности, сопряженности отдельных элементов внутри локальных потенциалов, а также между ними. Сбалансированность внутри локальных потенциалов, предполагает обеспечение пропорциональности на всех участках производственного цикла. Помимо этого необходимо решение задачи сбалансированности и взаимосвязанных локальных потенциалов. Например, инновационно-технического и трудового;

– в-третьих, эффективность, предусматривающую формирование такого варианта локального потенциала, который в условиях существующих ограничений в использовании ресурсов обеспечивает получение наибольшей отдачи от его функционирования, ориентацию на факторы, определяющие получение максимального эффекта;

– в-четвертых, информационность, предполагающую получение информационного образа объекта управления (локального потенциала), позволяющего иметь достоверную и своевременную обратную информационную связь, способствующую повышению качества и действенности управления.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Берталанфи Л. История и статус общей теории систем // Системные исследования. М.: Наука, 1973.
2. Блауберг И. В., Юдин Э. Г. Становление и сущность системного подхода. М.: Наука, 1973. 274 с.
3. Джефферс Дж. Введение в системный анализ: применение в экологии. М.: Прогресс, 1984. 342 с.
4. Месарович М., Мако Д., Такахара И. Теория иерархических многоуровневых систем: пер. с англ. М.: Мир, 1973.
5. Садовский В. Н. Основания общей теории систем. М., 1972.
6. Бухалков М. И. Внутрифирменное планирование. М.: ИНФРА-М, 2000. 392 с.
7. Акофф Р. Л. Планирование будущего корпорации: пер. с англ. М.: Прогресс, 1985. 326 с.
8. Алексеева М. М. Планирование деятельности фирмы. М.: Финансы и статистика, 1997. 248 с.
9. Вудкок М., Френсис Д. Раскрепощенный менеджер. М.: Дело, 1991. 320 с.
10. Ковалевский А. М. Перспективное планирование на промышленных предприятиях и в производственных объединениях. М.: Экономист, 1973. 320 с.
11. Лебединский Н. П. Основы методологии планирования и автоматизации плановых расчетов. М.: Экономика, 1989. 272 с.

Поступила в редакцию 15 октября 2013 г.

Стровский Владимир Евгеньевич – доктор экономических наук, профессор кафедры экономики и менеджмента 620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30, Уральский государственный горный университет.

Косолапов Олег Вениаминович – начальник Управления по недропользованию по Оренбургской области, кандидат экономических наук. 460000, г Оренбург, пр. Парковый, д. 6.

УДК 332.1

РАЗВИТИЕ РЫНКОВ СБЫТА ПРОМЫШЛЕННОЙ ПРОДУКЦИИ СВЕРДЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ В УСЛОВИЯХ ВТО

Ю. Г. Лаврикова, С. Н. Котлярова

Рассматриваются проблемы развития рынков сбыта промышленной продукции Свердловской области и стимулирование спроса на нее с учетом особенностей внутренних, межрегиональных и региональных рынков РФ, обладающих дефицитом производственных мощностей. Предлагается сочетание финансовых, кадровых, организационных мер поддержки развития промышленного комплекса с регулированием рынков сбыта продукции для повышения конкурентоспособности экономики Свердловской области.
Ключевые слова: *промышленный комплекс; рынки сбыта; промышленная политика.*

Промышленный комплекс Свердловской области по объему выпускаемой продукции является одним из ведущих в Российской Федерации. Опыт структурной перестройки и технологической модернизации предприятий позволяет говорить не только о сохранении, но и расширении потенциала промышленного комплекса Свердловской области. Но реализация новых производственных возможностей будет носить реальный характер только при расширении существующих рынков сбыта и/или выходе на новые индустриальные рынки.

Многообразный характер промышленного производства Свердловской области потенциально свидетельствует о необходимости исследования с позиций перспективности сбыта как международных рынков развитых стран, так и рынков стран БРИКС, СНГ, уделяя особое внимание рынкам стран Таможенного союза, а также внутренних межрегиональных и региональных рынков РФ, обладающих дефицитом производственных мощностей по тем или иным видам промышленной продукции.

Для предприятий строительной отрасли в настоящее время возможны позитивные и негативные последствия вступления России в ВТО.

Зарубежные рынки строительных материалов насыщены товарами и заняты известными производителями, ведущими умелую маркетинговую политику. Признанные зарубежные компании в настоящее время контролируют основные рынки отрасли, в том числе в странах Восточной Европы. С учетом того факта, что отечественная промышленность строительных материалов ориентирована в основном на внутренний рынок, одной из важнейших ее задач является тщательная подготовка всех структур отрасли к работе в условиях ВТО и интеграции в мировую экономику. От этого отечественная промышленность строительных материалов может как выиграть, так и проиграть.

Основные преимущества вступления России в ВТО для строительной отрасли:

– участие в мировой торговле на общепринятых и равных условиях;

– использование механизма ВТО для защиты российских интересов, возможность отстаивать в рамках этой организации интересы государства при выработке международных торговых правил;

– повышение инвестиционной привлекательности отрасли за счет стабильных торгово-политических условий для иностранных инвесторов и облегчение для них экспорта продукции, производимой в России, на рынки третьих стран;

– приближение отечественных технических стандартов к международным, что будет способствовать расширению экспорта и облегчит доступ российских строительных материалов на внешние рынки;

– приведение экономического законодательства страны в соответствие с международными нормами.

Вместе с тем следует учитывать, что вступление в ВТО:

– усложнит защиту от конкуренции со стороны импортной продукции, упростит процедуры ее доступа на рынок, что при существующих проблемах в отечественной промышленности может стимулировать ввоз ряда товаров из-за рубежа вместо инвестиро-

вания иностранного капитала в создание производственных мощностей в России;

– вызовет спад отдельных видов производства, и даже закрытие некоторых неконкурентоспособных предприятий [1].

Актуальность проблемы развития рынков сбыта строительной продукции обусловлена и тем, что существует постоянная необходимость своевременного удовлетворения потребностей в современных строительных материалах, изделиях и конструкциях, а также необходимость формирования мощностей строительной индустрии, достаточных для выполнения работ в запланированных объемах в соответствии с установленными сроками. В настоящее время предприятия строительного комплекса Свердловской области теряют внутренние рынки сбыта, в частности стратегически важные для нас направления – Ханты-Мансийский (ХМАО) и Ямало-Ненецкий (ЯНАО) автономные округа. Сложилась негативная ситуация, заключающаяся в том, что строителей активно вытесняют конкуренты из Новосибирской, Омской, Томской областей. Предприятия этих регионов стали успешно использовать речной транспорт, стоимость перевозки товара которым в 3–4 раза ниже, чем железной дорогой.

Тюменская область, в том числе ХМАО и ЯНАО, традиционно являются крупными потребителями строительных материалов, производимых на территории Свердловской области. Северные территории активно потребляют цемент, так как не имеют собственного цементного производства. Свердловская железная дорога является крупным потребителем щебня (около 1,5 млн т с карьеров Свердловской области), который используется при проведении путевых работ в северных регионах. Также существует тенденция к масштабному строительству жилья на территории Тюменской области, особенно на территории ХМАО и ЯНАО. Все это, безусловно, ввиду отсутствия собственной развитой производственной базы стройиндустрии приведет к росту спроса на строительные материалы и увеличению грузопотоков в северном направлении.

Таким образом, наличие перспективных внутренних рынков сбыта, необходимость их расширения и выход на новые индустриальные рынки в условиях ВТО возможны при условии согласованной политики всех хозяйствующих субъектов и разработке соответствующих мер государственной поддержки.

Важнейшим элементом государственной поддержки промышленности в развитых странах является содействие в расширении рынков сбыта промышленной продукции и тем самым стимулирование спроса на нее. Наличие эффективных рынков сбыта в итоге является конечным звеном и критерием всех мер государственной поддержки, поскольку содействие выпуску продукции, не находящей спроса, делает все мероприятия по поддержке неэффективными.

В разработанной Концепции областной целевой программы «Развитие промышленности Свердловской области и повышение ее конкурентоспособности» на период 2014–2018 гг.» предусмотрен отдельный проект «Новые рынки» [2], включающий:

– создание на территории Свердловской области импортозамещающей продукции в расчете на промышленный спрос со стороны производственных предприятий как Уральского региона в частности, так и Российской Федерации в целом;

– выход на перспективные растущие рынки национального и мирового уровня за счет создания производств, углубляющих переделы производимой на территории региона продукции;

– поддержка экспорта средних высокотехнологичных производственных компаний;

– создание системы ежегодного средне- и долгосрочного прогнозирования развития важнейших действующих и потенциальных рынков сбыта продукции и услуг.

Для реализации данных направлений необходим четкий и слаженный механизм их осуществления. Он может включать:

1. Институциональные меры поддержки, которые включают организацию функционирования четырех категорий институтов, содействующих расширению рынков сбыта.

1.1. Аналитические институты, занимающиеся на профессиональной основе анализом в режиме мониторинга рынков сбыта продукции промышленного комплекса с позиций их перспективности, возможности удержания, расширения доли на рынке, барьеров входа/выхода и мер государственной поддержки в условиях ВТО. Объектами анализа являются внешние рынки развитых и развива-

ющихся стран, рынки стран Таможенного союза, всего постсоветского пространства с позиций расширения экспорта продукции Свердловской области, а также внутренние рынки – с позиций возможности развития импортозамещающих производств и производств, обеспечивающих потребности внутреннего спроса. Результатом анализа являются: обоснование наиболее перспективных внешних и внутренних рынков для продукции Свердловской области как уже выпускаемой, так и потенциально готовой к выпуску; предложение перечня продуктовых позиций, которые имеют потенциальные возможности для сбыта; спектр возможных мер поддержки производства востребованной на рынках продукции и ее продвижения на данные рынки в зависимости от вида рынка.

В качестве таких организаций на территории Свердловской области могут выступать Уральский федеральный университет, Эксперт-Урал, Институт экономики Уральского отделения Российской академии наук, Уральский государственный экономический университет и др.

1.2. Государственные институты, реализующие обоснование и применение мер государственной поддержки расширения рынков сбыта продукции в виде субсидирования части затрат на реализацию маркетинговых проектов по увеличению экспорта продукции с высокой добавленной стоимостью и выходу на новые рынки; субсидирования части затрат на создание новых технологий и материалов (формирование научно-технического задела), в рамках системы технологического прогнозирования; субсидирования части затрат, связанных с внедрением нового продукта в производство, сертификацией, лицензированием, созданием промышленных образцов, регистрацией и правовой охраной изобретений и иных охраняемых законом результатов интеллектуальной деятельности и др.

Эти функции по обоснованию мер государственной поддержки могут быть возложены на специальное подразделение (отдел, департамент) в составе Министерства промышленности и науки Свердловской области. Это подразделение может стать координатором и проектным офисом, ответственным за реализацию проекта «Новые рынки» ОЦП «Развитие промышленности Свердловской области и повышение ее конкурентоспособности» на период 2014–2018 гг.

1.3. Институты, занимающиеся поддержкой в продвижении продукции промышленных предприятий Свердловской области на новые рынки. Одним из результатов анализа рыночной ситуации должен стать перечень рынков, которые имеют стратегическое значение для повышения конкурентоспособности промышленного комплекса Свердловской области. Целесообразно создание представительств Свердловской области в данных регионах РФ и регионах других стран в целях непосредственного содействия областным производителям в выходе на новые рынки и расширения существующих, в том числе распространении информации о продукции, заключении контрактов, содействие в снятии барьеров и др.

Сегодня 43 штата США имеют в общей сложности более 180 представительств в 30 различных странах. Канадские провинции также с успехом используют эту форму развития международного сотрудничества. Лидером выступает Квебек, сеть зарубежных представительств которого включает в себя шесть Генеральных делегаций, четыре зарубежных бюро, около двух десятков торговых представительств и зарубежных делегатов. Немецкие земли, австралийские штаты, бельгийские коммуны и регионы, а также региональные органы власти в таких государствах, как Франция и Япония находятся в числе тех, кто активно участвует в международной деятельности, используя представительскую форму. Многие субъекты федераций имеют своих представителей или наблюдателей при международных организациях.

В России лидером по числу полномочных представительств является Республика Татарстан. На сегодняшний день республика имеет 18 представительств, обладающих разными статусами. На территории Российской Федерации это полномочное представительство в Москве, постоянные представительства в Санкт-Петербурге и Екатеринбурге, торгово-экономическое представительство в ХМАО. На территории ближнего зарубежья Татарстан открыл полномочное представительство в Казахстане, постоянные представительства в Азербайджане и Узбекистане, торгово-экономическое представительство в

Украине. В дальнем зарубежье интересы республики представляют полномочные представительства во Франции и Турции, постоянные представительства в США, Чешской и Словацкой Республиках, торгово-экономические представительства в Австрии, Финляндии, на Кубе, Кипре, во Вьетнаме, Италии [3].

1.4. Производители продукции, их отраслевые союзы и ассоциации, Свердловский областной союз промышленников и предпринимателей, Уральская торгово-промышленная палата и др. Непосредственная задача данных институтов – реализация и содействие в повышении конкурентоспособности продукции, повышении ее технического и технологического уровня, выпуске новой продукции. Одним из действенных инструментов как повышения конкурентоспособности, так и объединения усилий для сохранения существующих и выхода на новые рынки являются кластерные объединения. В качестве удачных примеров данного подхода можно привести Уральский фармацевтический кластер и Уральский строительный кластер. Первый за счет эффективного синтеза производителей, науки, образования, потребителей продукции смог выйти на принципиально новые рынки для Свердловской области, например рынок инсулина, препаратов для гемодиализа и др. Второй – объединив крупные, средние и малые предприятия в области производства строительных материалов и изделий, строительные организации, транспортные компании и др., смог выйти на рынок крупных строительных проектов федерального масштаба.

2. Информационные меры поддержки. Данные мероприятия нацелены не только на информирование потенциальных потребителей о выпускаемой продукции через организацию выставок на территории Свердловской области, содействие в участии в выставках международного и национального масштаба, формирование специального сайта, рекламирующего продукцию Свердловской области, инвестиционного портала, деятельность торговых представительств, но и на системную организацию информирования предприятий различного масштаба о перспективных рынках сбыта и инструментах поддержки. В таком роде информации особо нуждаются средние и малые предприятия, которые в отличие от крупных не могут организационно и финансово сосредоточиться на детальном анализе рынков.

3. Инфраструктурные меры поддержки. Выход на новые внешние и внутренние рынки сопряжен с развитой инфраструктурой: транспортной, сбытовой, финансовой, страховой и др. Поэтому управление проектом «Новые рынки» должно носить межведомственный характер с разработкой программы мероприятий по развитию не только промышленного производства, но и его инфраструктурной поддержки.

Сочетание финансовых, кадровых, организационных мер поддержки развития промышленного комплекса с регулированием рынков сбыта продукции позволит сделать ОЦП «Развитие промышленности Свердловской области и повышение ее конкурентоспособности» на период 2014–2018 гг.» реальным документом по повышению конкурентоспособности всей экономики Свердловской области.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Концепция и практика формирования Уральского строительного кластера / Ю. Г. Лаврикова [и др.]. Екатеринбург: Ин-т экономики УрО РАН, 2013. 142 с.

2. Официальный сайт Министерства промышленности и науки Свердловской области. URL: http://mpr.midural.ru/ (дата обращения: 22.08.2013).

3. Официальный сайт Президента Республики Татарстан. URL: http://1997–2011.tatarstan.ru/ (дата обращения: 11.09.2013).

Поступила в редакцию 15 октября 2013 г.

Лаврикова Юлия Георгиевна – доктор экономических наук, доцент, заместитель директора. 620014, г. Екатеринбург, ул. Московская, 29, Институт экономики УрО РАН. E-mail: k515l@mail.ru

Котлярова Светлана Николаевна – кандидат экономических наук, доцент, заведующая сектором. 620014, г. Екатеринбург, ул. Московская, 29, Институт экономики УрО РАН. E-mail: sv_gavrilova@mail.ru

В канун 100-летия Уральского государственного горного университета редколлегия представляет в сокращенном варианте труд Валентины Михайловны Масленниковой «К истории Свердловского горного института» (ч. 1, 1914–1930 гг.), переданный в Музей истории университета проректором по правовым вопросам Л. А. Антроповым. Этот труд достоин публикации. В. М. Масленникова была создателем и первой заведующей музеем истории института. В. М. Масленникова родилась 20 декабря 1915 г., она – участница Великой Отечественной войны, в СГИ проработала с мая 1950 г. по июнь 1989 г. Это был интеллигентный и душевный человек, бережно хранивший историю горного вуза.

СОЗДАНИЕ УРАЛЬСКОГО ГОРНОГО ИНСТИТУТА

Урал – сокровищница горных богатств нашей страны. Здесь насчитывается более 12 тысяч месторождений полезных ископаемых. Нет ни одного из найденных на Земле минералов, который не обнаружили бы в недрах «каменного пояса». Академик А. Е. Ферсман назвал край «второй жемчужиной Советской страны». Великий Д. И. Менделеев писал, что вера в будущее России, всегда жившая в нем, «прибыла и окрепла от близкого знакомства с Уралом».

Зарождение и развитие горной промышленности Урала относится к первой четверти XVIII в. Уже тогда возник вопрос о специалистах. Видный историк профессионального образования в России Н. В. Нечаев писал: «Вопрос упирался ... в обеспечение каждого предприятия командными квалифицированными кадрами, начиная от мастера и кончая техниками и инженерами...» [1]. Их приглашали из-за рубежа и посылали за границу для обучения молодых людей. Одной такой группой по изучению «рудосыскного дела» в Швеции (1724) руководил выдающийся русский историк, географ, инженер В. Н. Татищев, с именем которого тесно связано развитие горнозаводской промышленности Урала. Обучение за границей обходилось дорого, да и не удовлетворяло потребностей промышленности ни в количественном, ни в качественном отношении – иностранные специалисты неохотно передавали знания русской молодежи.

Подготовка квалифицированных рабочих и мастеров в какой-то мере решалась так называемыми арифметическими школами. Но руководить производством выпускники этих школ не могли.

За организацию высшего учебного заведения по подготовке горных инженеров на Урале ратовал еще в XVIII в. историк М. М. Щербатов. Он доказывал целесообразность открытия такой школы в Екатеринбурге, являвшемся центром горнозаводской промышленности края. В конце XIX в. общественность Екатеринбурга, объединившаяся в Уральское общество любителей естествознания (УОЛЕ), историк Н. К. Чупин и другие настойчиво выступали за открытие высшей горной школы. В 1908 г. с подробным докладом к Государственному совету обратился от имени Городской Думы Екатеринбурга председатель биржевого комитета П. В. Иванов [2]. Он обстоятельно излагал положение с кадрами специалистов в области горного дела и неотложной нужде в них для организации нормальной работы рудников, заводов, фабрики.

Особенно остро этот вопрос встал после реформы 1861 г., когда на уральских предприятиях резко сократился дармовой труд. У промышленников зародилась идея возместить потребности производства в мускульной силе развитием заводской техники. Но для этого требовались инженерно-технические кадры. Вначале преобладала мысль о перенесении на Урал Петроградского горного института. Но никто не желал покидать столицу. Профессура старой школы не была связана с производством и не интересовалась состоянием дела на нем. И вопрос был снова снят с повестки дня [3].

Уполномоченный Пермского губернского

управления Г. Е. Львов в «Записке по вопросу открытия высшего технического учебного заведения в северо-восточной части России» [4] привел интересные данные о развитии горнозаводского дела на Западном и Восточном склонах Урала (табл. 1).

Таблица 1

Данные о развитии горнозаводского дела

	Западный склон, пудов	Восточный склон, пудов
Добыто железной руды	9 173583	62 169 638
Выплавлено чугуна	5 689 522	17 380 975
Выплавлено железа	5 126 398	10 677 505
Выплавлено стали и прокатано рельсов	585 475	3 003 614
Выпущено чугунных изделий	517 687	1 792 672
Выпущено железных изделий	273 526	1 121 789

Драгоценных металлов добыто в восточной части в 5 раз больше, чем в западной.

Представленные уральскими организациями документы изучались в государственных органах еще несколько лет. И только 3 июля 1914 г. был «высочайше» утвержден одобренный Государственной думой «Закон об учреждении в городе Екатеринбурге горного института, с отнесением всего института к числу высших учебных заведений» [5].

Общественность Екатеринбурга встретила весть об открытии института с большим удовлетворением. В телеграмме городского головы А. Е. Обухова, члена Государственного Совета, выражалась благодарность за хлопоты о столь нужном и долгожданном горном институте. Член Государственного Совета В. И. Тимирязев в ответном послании поздравил Екатеринбургское городское общество с этим событием. Он писал: «В 1909 г. я взывал к Государственной думе о помощи Уралу, говоря о нем, что подобно спящей красавице он ждет не дождется, чтобы его пробудили вновь к плодотворной деятельности... Уверен, что новый рассадник высшего горного образования сослужит хорошую службу дальнейшему процветанию исконной области горнозаводского дела в России» [6].

В законе предусматривалось строительство института стоимостью в 2 млн 942 тыс. р., штат преподавателей из 19 ординарных и экстраординарных профессоров, 15 штатных преподавателей, 6 лекторов, 19 старших и младших лаборантов и т. д. Была создана строительная комиссия, в которую вошел художник-архитектор Бернадацци. Так было положено начало существованию первого на Урале высшего технического учебного заведения. Но развертыванию строительных работ, комплектованию штата и т. п. помешала начавшаяся в августе 1914 г. Первая мировая война.

В феврале 1917 г. в России свершилась буржуазно-демократическая революция. Власть перешла в руки Временного правительства, которое в августе объявило набор в высшие учебные заведения. В Уральский горный институт было принято 295 студентов. В Екатеринбург приехали профессора и преподаватели из Петроградского горного, политехнического институтов и Университета. Среди них: профессор П. П. Веймарн (аналитическая химия) – был избран ректором института; Н. С. Петров (теоретическая механика) – был назначен деканом; Н. В. Галли (физика), А. Я. Шохат (математика), Артемьев (минералогия), Н. П. Горин (высшая математика), А. И. Титов (физика), Н. Г. Келль (геодезия и сферическая тригонометрия) и др.

Первый звонок раздался 10 октября 1917 г. (по старому стилю). Торжественный акт открытия состоялся в верхнем читальном зале библиотеки имени В. Г. Белинского (ныне областная детская библиотека им. Ф. Решетникова). Это был большой праздник в жизни всего города. На нем была широко представлена общественность Екатеринбурга. Газета «Уральская жизнь» посвятила этому событию всю первую полосу. В одной из заметок «Екатеринбургский горный институт» было написано: «...При исключительной обстановке, в годину страшных мировых бедствий открываются двери Екатеринбургского горного института. Все тормозы, все препятствия к просвещению, к духовному возрождению народа, наконец, окончены и ушли в область

тяжелого кошмарного предания... Открываемый сегодня Екатеринбургский горный институт, первый рассадник нужных для уральской горной промышленности специальных знаний. Широкие пути в свободной демократической России открываются перед ним. В этом отношении ему должны позавидовать старшие братья: высшие учебные заведения, которые возникли и жили в тяжелой, удушливой атмосфере гнета над мыслью, над человеческой личностью» [7].

Состоятельные граждане города вносили пожертвования. Гр. И. О. Дрожжилова завещала институту 290 тыс. р., проценты с которых шли на образование стипендий для беднейших студентов..., на приобретение книг для библиотеки, премии за сочинения. На эти же цели жертвовали 4 тыс. р. инженер П. А. Дрожжилов, 25 тыс. р. Н. К. Бревнов.

Специальных помещений для занятий не было. Лекции проводились в читальном зале библиотеки им. В. Г. Белинского, практические занятия – в золотосплавочной лаборатории, гимнастическом зале первой мужской гимназии (ныне школа № 9), в Вознесенской церкви и т. д.

Через две недели после открытия института произошла Великая Октябрьская социалистическая революция. Власть в городе перешла в руки рабочих, солдат и крестьян. Совет института, возглавляемый профессором П. П. Веймарном, долго не реагировал на переход власти к Советам. Большинство членов совета стояли на позициях «высшая школа вне политики». Только 30 января 1918 г. совет принимает решение признать власть Советов при условии сохранения полной автономии института [8]. В «Известиях» рабочих и солдатских депутатов появился материал, в котором совет института обвинялся в контрреволюционности. Но внутри совета полного единства не было. На одном из его заседаний ставился вопрос о доверии к Веймарну. Однако большинство членов совета высказалось за доверие, и он остался на посту ректора.

Прогрессивно настроенные члены совета сразу же включаются в общественную жизнь города. В июне проходит городское совещание по организации технических курсов для рабочих. Представители института приняли участие в его работе, взяли обязательства разработать программы курсов и прочесть лекции по физике, химии, механике в рабочих клубах [9]. Но развернуть работу по-настоящему не удалось.

В июле 1918 г. в город вошли части мятежного чехословацкого корпуса и войска так называемого сибирского правительства. П. П. Веймарн с группой сторонников восторженно встретил приход белых. Так осуществилась на практике позиция «высшая школа вне политики». В сентябре Веймарн едет в Омск для установления контакта с белым правительством.

При приближении белых войск к Екатеринбургу часть студентов во главе с проф. Н. П. Гориным и преподавателем Н. Н. Барабошкиным ушли в Красную Армию защищать советскую власть [10]. В институте остались единицы принятых в 1917 г. Занятия продолжались. Вот что пишет об этом времени студентка тех лет Н. И. Кудрина (Н. И. Кудрина – одна из первых выпускниц института; всю жизнь работала в геологических организациях; последние десятилетия перед уходом на пенсию работала в «Уралмеханобре»): «Летом 1918 г. мы переживали крайне тяжелое время – город был занят Колчаком. Так что никакие занятия, несомненно, не шли на ум. Зиму 1918/1919 гг. занятия шли чрезвычайно ненормально. Прежде всего, студентов старого приема почти не осталось. Так что первый курс снова работал, а второй курс с трудом был сорганизован из нескольких человек студентов... Читались предметы, по которым были преподаватели» [11].

Колчаковцы оставались в городе недолго. Весной 1919 г. перед отступлением из Екатеринбурга белое командование провело мобилизацию. Более половины студентов института были взяты в армию [12]. Летом 1919 г. части Красной Армии и партизанские отряды освободили Пермь и ускоренными темпами двинулись к Екатеринбургу. 8 июля 1919 г. на совете института ставится вопрос об эвакуации. Ректор П. П. Веймарн снова едет в Омск. Его заместителем назначается проф. К. К. Матвеев. Он отказывается эвакуировать институт, мотивируя это тем, что нет официальных распоряжений властей, не дают достаточно вагонов и т. п. Многие члены совета не соглашаются с Матвеевым, и совет принимает решение – эвакуироваться, а всю

ответственность за это берет на себя [13]. Готовятся к эвакуации материальные ценности, остающимся в городе студентам выдаются академические справки.

В середине июля 1919 г. город был освобожден. Часть преподавателей института во главе с проф. П. П. Веймарном эвакуировалась и дошла до Владивостока, о чем свидетельствуют первые выпуски трудов Уральского горного института, вышедшие во Владивостоке в 1919 г.

Много усилий было приложено преподавателями к сохранению имущества института в период эвакуации белых. 13 июля 1919 г. по инициативе проф. К. К. Матвеева проводится частное совещание. На нем присутствуют: Шохат, Матвеев, Галли, Крылов, Дудин, Титов, Абельс, Шнейдер, Гусарский, библиотекарь Гадд. Решили: «У входа в помещения, занятые УГИ, вывесить объявления, что имущество УГИ находится под охраной личного состава института, списки и адреса которых находятся у сторожа» [14].

17 июля опять же по инициативе проф. К. К. Матвеева и под его председательством собирается совещание профессоров и преподавателей Уральского горного института. На нем присутствуют те же лица, что и 13 июля. В решении совещания записано: «1. Ввиду того, что постановление Совета от 8 июля 1919 г. о переезде Уральского горного института во Владивосток не могло быть осуществлено, совещание постановляет, что Уральский горный институт остается и действует в Екатеринбурге. 2. Ввиду того, что тревожное время миновало, совещание находит необходимым – открыть институт и всем приступить к выполнению своих обязанностей [15].

«Около десятка научных работников (Матвеев, Келль, Шохат и др.) не поехали в Сибирь и на развалинах, почти из ничего стали снова создавать горный институт... Кропотливо, несомненно, с любовью, но слишком кустарно, для себя, они стали строить учебную жизнь...» [16].

Таким образом, инициатива и старания по возрождению института и организации его работы в Екатеринбурге во многом принадлежат профессору Константину Константиновичу Матвееву. В ноябре 1919 г. накануне начала занятий совет института выносит благодарность К. К. Матвееву. « Благодаря его деятельности, – записано в решении, – институт не распался» [17].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Нечаев Н. В. Школы при горных заводах Урала в первой половине 18 столетия. М.: Изд. Моск. педагогич. ин-та им. В. И. Ленина, 1944. С. 18, 19.
2. Екатеринбургская городская Дума: доклад. записка по вопросу об открытии высшего учебного заведения на Урале. Екатеринбург, 1908.
3. Высшая техническая школа на Урале // Уральский рабочий, 21 янв. 1921 г.
4. Львов Г. Е. Записка уполномоченному Пермского губернского управления по вопросу об открытии высшего технического учебного заведения в Северо-Восточной части России. М., 1911.
5. Горные и золотопромышленные известия. 1914. № 18, 19.
6. Уральская жизнь // 3 июля, 1914 г.
7. Уральская жизнь // 9 окт. 1917 г.
8. ГАСО, ф. 1151, оп. 1, д. 6, л. 24.
9. Уральский рабочий // 8 июня 1918 г.
10. Урал. гос. ун-т (отдельный оттиск) из юбилейного сборника Екатеринбургского городского совета Р. и КД «Екатеринбург за двести лет». Екатеринбург: Уралкнига, 1923. С. 6.
11. Воспоминания Н. И. Кудриной: фонд музея истории УГГУ.
12. Смирнов Л. Горный факультет Уральского гос. ун-та // Горный журнал. 1924. № 2. С. 209.
13. ГАСО, ф. 1151, оп. 1, д. 6, л. 63.
14. ГАСО, ф. 1918, оп. 1, д. 265, л. 55.
15. ГАСО, ф. 1918, оп. 1, д. 265, л. 56.
16. Урал. гос. ун-т (отдельный оттиск) из юбилейного сборника Екатеринбургского городского совета Р. и КД «Екатеринбург за двести лет». Екатеринбург: Уралкнига, 1923. С. 9.
17. ГАСО, ф. 1918, оп. 1, д. 264, л. 71.

Материалы подготовил директор музея истории УГГУ проф. Ю. А. Поленов

NATURAL SCIENCES

Operator-matrix model of economic system with continuous time / *Surnev V. B.*

The article shows that the main problem of mathematical modeling of the dynamics of parametric production and marketing system with lumped parameters is the Cauchy problem for a system of ordinary differential equations with time-dependent coefficients and under certain assumptions comes to the system of Volterra integral equations of the second kind. With the use of the analytic form of solutions of Volterra integral equations in the form of a series of successive substitutions, an operator- matrix model of parametric production and marketing system with continuous time is constructed, which is under the influence of external (exogenous) perturbations. Within the framework of the described formalism the notion of birth operator of a new product is introduced. The statements are given out of which the adequacy of formalism of integral Volterra equations of the simulated subjective situation is followed.
Keywords: *parametric system; operator of birth; Volterra integral equation; operator-matrix mode; mathematical modeling.*

References

1. Surnev V. B. Mathematical modeling. Continuous determiniated models. Ekaterinburg: Ural State Mining University, 2013. 689 p.
2. Taylor J. Theory of scattering. Non-relativistic quantum theory of collisions. Moscow: Mir, 1975. 565 p.
3. Surnev V. B. About scattering of elastic waves by a localized inhomogeneity // Proceedings of the Academy of Sciences of the USSR. Physics of the Earth. 1988. N 2. p. 9–19.
4. Burke W. The space – time, geometry, cosmology. Springer-Verlag, 1985. 416 p.
5. Surnev V. B., Pyatkova V. B. Method of analysis of linear dynamic multi-linked systems // News of the higher institutions. Mining Journal. 2005. N 6. p. 51–58.
6. Surnev V. B., Pyatkova V. B., Pyatkov A. I. Solution of some problems of dynamics of economic systems by a method of integral equations // News of the higher institutions. Mining Journal. 2006. N 1. p. 85–94.
7. Surnev V. B., Pyatkova V. B., Pyatkov A. I. Study of a linear dynamic system with variable parameters using secondary sources // Mathematical modeling of mechanical phenomena. Mater. of All-Russian Scientific and Technical Conference. Ekaterinburg: Ural state mining university. 2007. p. 53–56.
8. Surnev V. B., Pyatkova V. B., Pyatkov A. I. Mathematical modeling of non-ideal linear dynamic systems with concentrated parameters // Mathematical modeling and boundary problems. Proceedings of the Fourth All-Russian Scientific Conference with international participation, Part 2. Samara: Samara Technical University. 2007. p. 142–145.
9. Surnev V. B., Pyatkova V. B. About solving of basic problems of mathematical modeling of parametric systems with concentrated parameters // VINITI. 15.03.2010. Number 161. v. 2010. 24 p.
10. Surnev V. B., Pyatkova V. B., Chelovechkov A. I. Parametric model of the inductive transmitter // News of higher educations. Mining Journal. 2010. N 1. p. 49–56.
11. Pyatkova V. B.. Surnev V. B. Some questions in the theory and algorithms for the numerical simulation of linear parametric systems // Mathematical modeling of mechanical phenomena. All-Russian Scientific and Technical Conference. Ekaterinburg: “Timer-KC”. 2011. p. 11–14.
12. Pyatkova V. B., Surnev V. B. Mathematical modeling of linear parametric systems with concentrated parameters. Substantiation of adequacy of the method of integral evolutional equations of physical situation // Mathematical modeling and boundary value problems . Proceedings of the Ninth

All-Russian scientific conference with international participation. Part 3. Samara: Publisher. Samara Technical University. 2013. p. 60–64.
13. Pyatkova V. B., Surnev V. B. Parametric model of the inductive transmitter // Mathematical modeling of mechanical phenomena. Materials of Scientific and Technological Conference. Ekaterinburg: Ural state mining university. 2013. p. 66–68.
14. Pyatkova V. B., Surnev V. B. Substantiation of adequacy of the method of integral evolutional equations of physical situation // News of the UrSMU. 2013. Issue 1 (29). p. 3–7.
15. Kolemaev V. A. Mathematical Economics. Moscow: UNITY 2005. 399 p.
16. Kolemaev V. A. Economic-mathematical modeling. Moscow: UNITY 2005. 295 p.
17. Surnev V. B. Differential Geometry. Ekaterinburg: Ural State Mining University, 2007. 186 p.
18. Surnev V. B. Fundamentals of Higher Mathematics. Part 3. Analysis of functions of several real variables. Ekaterinburg: Ural State Mining University, 2010. 296 p .
19. Lovitt W. B. Linear Integral Equations. Moscow: GITTL, 1957. 266 p.

Surnev Biktor Borisovich – Ural state mining university, Ekaterinburg, Russia. E-mail: sournev@yandex.ru

Natural low energy reaction of nuclear fusion / *Andrianov B. A.*

Hypothesis is put forward explaining a superpower flash, a shock wave and instant evaporation of the most part of Chelyabinsk meteor by emergence of conditions for a low energy fusion exothermic reaction between Mg and Si nuclei contained in olivine and pyroxene, which were found in the meteorite. The possible initiators of that reaction are considered. They are supposed to be common to the known experiments of similar type.
Keywords: *meteor; flash; explosion; olivine; pyroxene; isotopes; magnesium; silicon; iron; nickel; chromium; nuclear fusion; LENR.*

References

1. List of meteor air bursts. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_meteor_air_bursts.
2. Additional Details on the Large Feb. 15 Fireball over Russia. URL: http://www.jpl.nasa.gov/news/news.php?release=2013-061.
3. D'Alessio. S., Harms A. A. Comet induced nuclear fusion in the atmosphere // Annals of Nuclear Energy. 1988. V. 15 (12). p. 567–569.
4. D'Alessio. S. The nuclear and aerial dynamics of the Tunguska Event // Planetary and Space Science. 1989. Vol. 37 (3). p. 329–340.
5. Greenberg J. M. Making a comet nucleus // Astronomy and Astrophysics. 1998. Vol. 330. p. 375–380.
6. The results of study of Chelyabinsk meteorite at the Institute of Geochemistry and Analytical Chemistry named after Vernadsky (Vernadsky Institute). Press Conference. http://www.youtube.com/watch?v=VsGeD2ueyHU
7. Don Yeomans & Paul Chodas NASA / JPL Near-Earth Object Program Office March 1, 2013. http://neo.jpl.nasa.gov/news/fireball_130301.html
8. Effects of nuclear explosion. http://ru.wikipedia.org.
9. Radiation situation in the Chelyabinsk region in February 2013. http://www.chelpogoda.ru/pages/866.php.
10. Meteor fall recorded today in the Urals. http://intrest.ru/archives/4625.
11. Busarev V. V. Meteors and meteorites. http://selena.sai.msu.ru
12. Garrett H. B. The charging of spacecraft surfaces // Reviews of Geophysics and Space Physics. 1981. Vol. 19. N 4. P. 577-616. http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/RG019i004p00577/abstract
13. Balakirev V. F. and others. Interconversion of chemical elements. Ekaterinburg: UB RAS. 2003. p. 97.
14. Adamenko S., Selleri F., Alwyn van der Merwe (Eds.). Controlled Nucleosynthesis // Break-

throughs in Experiment and Theory, Series: Fundamental Theories of Physics. Dordrecht: Springer. 2007. Vol. 156. 780 p.

15. Urutskoev L. I. Review of experimental results on low-energy transformation of nucleus // Ann. Fond. L. de Broglie. 2004. Vol. 29. Hors Serie 3. P. 1149–1164 .

16. Urutskoev L. I., Liksonov V. I., Tsinoev V. G. Observation of transformation of chemical elements during an electric discharge // Ann. Fond. L. de Broglie. 2002. Vol. 27. N 4. p. 701–726.

17. Andrianov B. A. Direct pairing of electrons // Bulletin of SUSU. Series "Mathematics. Physics. Chemistry». 2003. Edition 4, N 8 (24). p. 46–50. http://pdf.vestnik.susu.ac.ru/mpc/04/10p046_Andrianov.pdf

18. Myshkin N. P. The flow of electricity in the field of charged edges and its impact on the dielectric. Warsaw: Printing company Orgelbranda S. and Sons, 1900. p. 88.

19. Andrianov B. A. Electric analogue of magnetic resonance // Letters to the Journal of Applied Physics, 2000. Vol. 26. Issue 6. p. 12–17.

20. Andrianov B. A. Resonance absorption of electric field energy by negative point-to-plane gap // Bulletin of SUSU. Series "Mathematics. Physics. Chemistry», 2003. Edition 4. N 8 (24). p. 41–45. http://pdf.vestnik.susu.ac.ru/mpc/04/09p041_Andrianov.pdf

21. Nucleus ground and isomeric states parameters search engine. URL: http://cdfe.sinp.msu.ru/services/gsp.en.html

22. Koltypin A., Oleksenko P. Nuclear war has been and left many traces (geological evidence of nuclear and thermonuclear war conflicts in the past). Tektites. URL: http://www.dopotopa.com/a_koltypin_p_oleksenko_geologicheskie_svidetelstva_jadernyh_voyn_part_1_tektity.html

23. Davenport D. Atomic Destruction in 2000 B. C. Milan: Italy, 1979. URL: http://www.ancient-origins.net/ancient-places-asia/mohenjo-daro-massacre-00819 # sthash.UaYmrybR.dpuf

Andrianov Boris Andreevich **–** South Ural state university, Chelyabinsk, Russia. E-mail: aba@susu.ac.ru

Genetic link of Berezovsk gold deposit with adamellites of Shartash intrusion (the Middle Urals) / *Polenov Yu. A., Ogorodnikov V. N., Babenko V. V.*

Formation of Ural gold deposits of quartz-vein type is genetically connected with granitoid intrusions of tonalite-granodiorite formation. The large Berezovsk deposit is not the exception. The last decade provided clear evidence of the connection of the field, being located in the area of overintrusive Shartash granite intrusion with the formation of the intrusion.
Keywords: Shartash intrusion; Berezovsk deposit; quartz veins; dike complex; gold-bearing quartz; sheelie-bearing quartz; metasomates.

References

1. Belavin O. V., Vagshal D. S., Nirenshteyn V. A. Shartash granite intrusive (the Middle Urals) and gold mineralization connected with it // News of AS USSR. Ser. Geol. 1970, N 6. p. 86–90.

2. Kurulenko R. S. History of granitoids formation of Shartash intrusion // Yearbook-1976. Sverdlovsk: AS USSR. 1976. p. 39–41.

3. Kurulenko R. S. Quartz-sulfide veins in Shartashsky adamellite intrusion in the Middle Urals // Yearbook-1981. Sverdlovsk: AS USSR, 1982. p. 95–96.

4. Sustavov O. A., Parshakov E. N. A large quartz vein in the eastern part of Shartash granite intrusion // Ural summer mineralogical school. Ekaterinburg: Ural state mining academy, 1998. p. 49–51.

5. Sustavov O. A. Around vein phengite gumbeites of the central part of shartashsky granite massif: structural details of metasomatic columns // News of the UrSMU. 2013. Issue 3 (31). p. 18–23.

6. Pribavkin S. V., Erokhin Yu. V., Seredkin M. V. Mineralogy of sulfide-quartz veins of Shartash intrusion // Ural summer mineralogical school. Ekaterinburg: Ural state mining academy, 1996. p. 46–55.

7. Pribavkin S. V., Seredkin M. V., Kononkova N. N. Mineralogy of early quartz veins of Shartash intrusion, the Middle Urals // Ural summer mineralogical school. Ekaterinburg: Ural state mining academy, 1997. p. 198–203.

8. Sazonov V. N. and others. Gold deposits of the Urals. Ekaterinburg: Ural state mining academy, 2001. 622 p.

9. Fershtater G. B. and others. Magmatic hydrothermal control of gold mineralization in the Urals // Endogenous mineralization in mobile belts. Ekaterinburg: IGG UB RAS, 2007. p. 181–184.

10. Steinberg D. S. and others. Rb-Sr age of rocks of Shartash intrusion and dike complex // Yearbook-1988. Sverdlovsk: IGG UB RAS, 1989. p. 110–112.

11. Pribavkin S. V. and others. U-Pb age of the rocks and mineralization of Berezovsk gold deposit (the Middle Urals) // Yearbook-2011. IGG UB RAS. Issue 159. Ekaterinburg: IGG UB RAS, 2012. p. 211–217.

12. Borodaevsky N. I., Borodaevskaya M. B. Berezovsk ore field. Moscow: Metallurgizdat, 1947. 264 p.

13. Popov V. A. Quartz of Berezovsk gold deposits in the Urals // Mineralogical study of hydrothermally altered Urals. Sverdlovsk: AS USSR, 1980. p. 3–10.

14. Babenko V. V. On ore controlling deformations of Berezovsk deposit // News of the higher institutions. Mining Journal, 1975. N 10. p. 3–8 .

15. Polenov Yu. A., Ogorodnikov V. N., Babenko V. V. Quartz veins of Berezovsk gold deposit – classical objects polychronous and polygenic genesis // Metallogeny of ancient and modern oceans – 2012. Hydrothermal fields and ore. Miass: UB RAS, 2012. p. 24–28.

16. Samartsev I. T. and others. About the zoning of Berezovsky gold deposit in the Middle Urals // News of AS USSR. Ser. geological, 1970, N 6. p. 86–90.

17. Reif F. G. Ore-forming potential of granites and conditions of its realization. Moscow: Nauka, 1990. 181 p.

18. Zhelobov P. P. The role of giperbazites in the localization of veins on Berezovsk ore field // Problems of ore pillars formation: proccedings of the sympozium. Novosibirsk: Nauka, 1972. p. 199–210.

19. Kuzovkov G. N., Dvoeglazov D. A. On astenolith model of the Middle Urals and geology of the Shartash vortex gold structure // Ores and metals. 2002. N 4. p. 63–72.

Polenov Yuri Alekseevich – Ural state mining university, Ekaterinburg, Russia.
E-mail: polenov_yu@mail.ru
Ogorodnikov Vitaly Nikolaevich – Ural state mining university, Ekaterinburg, Russia.
Babenko Vladimir Vitalievich – Ural state mining university, Ekaterinburg, Russia.

A large quartz vein in the eastern part of Shartash granite intrusion: metasomatis alterations of surrounded rocks and infrared spectrums of quartz crystals / *Sustavov O. A.*

We consider a quartz vein carrying mineralization, similar (relatively weakly manifested) to being present one in gold-bearing veins of Berezovsk deposit – pyrite, galena, sphalerite, tetrahedrite and native gold. The vein lies along the contact between the granite and lamprophyre dike. Lamprophyres in contact with the quartz vein were subjected to metasomatic changes similar to those having taken place in frontal parts of near-vein edging of phengite gumbeites which occur in granites of sulfide-quartz veins of the central part of Shartash intrusion. The granites (and granite-porphyries) in the contacts of quartz veins in some places are subjected to metasomatic change, is characterized by a sharp increase of microcline, including the formation of metasomatites of microcline-plagioclase-quartz and microcline-quartz structure .

The vein contains quartz crystals on infrared spectra on which OH – band 3485 cm^{-1} is absent or is very weak (radiation smoky quartz), and the crystals, in which the band is rather intensive, according to intensity are coming nearer to aluminum OH band 3380 cm^{-1} (radiation citrine quartz) being present in all investigated crystals.

Keywords: *Shartash intrusion; quartz veins; metasomatic alterations; quartz crystals; infrared spectrums.*

References:

1. Pribavkin S. V., Votyakov S. L. Amazonie-containing pegmatites of Shartash intrusion (the Middle Urals): mineralogy, petrogenesis // Proceedings of the Russian mineral. society. 2004. N 4. p. 10–20.
2. Sustavov O. A., Parshakov E. N. A large quartz vein in the eastern part of Shartash granite intrusion // Materials of Ural summer mineral school-98. Ekaterinburg: Ural state mining university, 1998. p. 49–51.
3. Dvornik G. P. and others. Mineral associations and typomorphic features of native gold in supergene zone of Berezovsk ore field // Bulletin of the Ural dep. of Russian mineralogical society. 2002. N 1. p. 16–22.
4. Pavlishin V. I. Typomorphism of quartz, mica and feldspar in endogenous formation. Kiev: Naukova Dumka. 1983. p. 232.
5. Kuzmina M. A. and others. Impurity composition and metric lattice of hydrothermal veins of Ural quartz crystals // Proceedings of the Russian mineral. society, 1996. N 2. p. 79–88.
6. Grabezhev A. I. Features of beresitization of Shartashsky granitoid intrusion in the Middle Urals. The Institute of Geology and Geochemistry. UFAN USSR, 1970. Issue 86. p.10–14.
7. Spiridonov E. M. and others. Gumbeite formation of the Urals. Geological faculty, MSU, 1997. p. 100.
8. Sustavov O. A. Near-vein phengite gumbeites in the central part of Shartash granite intrusion: details of the structure of metasomatic columns // News of the UrSMU. 2013. Issue 3 (30). p. 18–23.
9. Sustavov O. A, Shamuratova N. S. Banded texture of sulfide-quartz vein from the central part of Shartash granite intrusion // News of the Ural state mining academy. 2000. N 1. p. 82–84.

Sustavov Oleg Nikolaevich **–** Ural state mining university, Ekaterinburg, Russia. E-mail: olsustavov@mail.ru

Space and time changeability of chemical composition of natural waters during long-term oil extraction / *Polozov M. B.*

The space and time aspects are considered of chemical composition of groundwater in long-term human impact during extraction of crude oil. The characteristics of the inter-annual dynamics of the ionic composition of ground waters are analyzed.
Keywords: *oil production; oil field; natural water; chemical composition; ion composition; factors of dynamics of water quality.*

References

1. About state of the environment in the Udmurt Republic in 2010: The State Report. Izhevsk, 2011. 238 p.
2. Polozov M. B. Ecology of oil and gas extracting complex: “Udmurt State University”. Izhevsk: Udmurt University Press, 2012. 172 p.
3. Gagarina O. V. Analysis of time dynamics and space variability of surface water quality: dis. Izhevsk, 2007. 238 p.
4. Recommendations 52.24.354-94 “Methodical instructions. Organization and functioning of the system of special observations of the surface water in areas of oil, gas and gas-condensate mining.” Introduction date 1995-07-01.
5. Maximova M. P. The criteria for estimation of anthropogenic changes and calculation of anthropogenic component of the ion runoff of rivers // Water Resources. 1985. N 3. p. 71–75.
6. Maximova M. P. Criteria for estimation of the anthropogenic component of heavy metals in river flow // Water Resources. 1993. Vol. 20. No. 2. p. 270–273.

Modern theoretical fundamentals of forecast and search for mineral deposits (about a new book "Metallogeny", the author is professor of Moscow state university V. I. Starostin) / *Kontar E. S., Dushin V. A.*

The structure and content of the new book «Metallogeny» written by professor V. I. Starostin is considered. A conclusion is made that the given textbook is a tool for students, undergraduates and postgraduate students of higher schools having geological specialities. The book may be used by teachers, who read a similar course at Geological Faculties. It may also become a required reading for geologists of scientific-research and production organizations.
Keywords: *"Metallogeny"; forecast; searching; deposit; metallogenic model.*

Kontar Efim Semenovich – Ural state mining university, Ekaterinburg, Russia.
E-mail: eskontar@mail.ru
Dushin Bladimir Aleksandrovich – Ural state mining university, Ekaterinburg, Russia.
E-mail: snige.dep@ursmu.ru

TECHNICAL SCIENCES

Development and application of sylvinite seams excavation with pillar-and-chamber method in Verchnekamsk potash deposit / *Soloviev V. A., Sekuntsov A. I., Chernopazov D. S.*

In the article an operational experience in mining of sylvinite seams by pillar-and-chamber method is considered and the main directions of improvement of adjacent seams excavation as well. The assessment of the completeness of the ore extraction from the bowels is given when using this method. The reserves of the AB sylvinite seams are determined which may be mined by this technology.
Keywords: *Verkhnekamsk deposit of potassium-magnesium salts; chamber system of development; loss of mineral; geomechanical assessment; column pillars.*

References

1. Soloviev V. A. Effective use of self-propelled equipment for underground mining. Perm: Perm State Technical University, 2005. 356 p.
2. Chernopazov D. S. Geomechanical and geodynamic evaluation of the application of modern systems of development of potash deposits in Verkhnekamsk deposit of potassium-magnesium salts // Rational development of mineral resources. 2012. N 5.
3. Recommendations on application of combines with drum the executive body of "Helimayner" type. Report / UB VNIIG; V. J. Kovtun. Perm, 1984.
4. The report about a business-trip of specialists in potash industry of Russia and Belarus to Canada and the United States to potash companies and ports: report / SPEC, "Galurgiya"; executive Y. P. Olkhovikov. Moscow, Perm. 1997.
5. Smychnik A. D., Morev A. B., Vasko A. B. Development systems of potash deposits: flowsheets, equipment, performance // Mining mechanics. 2008. N 4.
6. Instruction about protection against flooding of mines and safeguard of undermined objects in Verkhnekamsk deposit of potassium-magnesium salts: flowsheets. St. Petersburg, 2008.
7. Information about protection against flooding of mines and protection of undermining objects in Verkhnekamsk deposit of potassium-magnesium salts: guidelines. St. Petersburg, 2008.

Soloviev Vyacheslav Alekseevich – Ural research and development institute of halurgy (JSC "Galurgia"), Perm, Russia. E-mail: solovev@gallurgy.ru
Sekuntsov Andrey Igorevich – Ural research and development institute of halurgy (JSC "Galurgia"), Perm, Russia.
Chernopazov Dmitry Sergeevich – Ural research and development institute of halurgy (JSC "Galurgia"), Perm, Russia.

Fundamentals of the general theory of calculation of slope stability / *Zhabko A. V.*

In the paper a statically not identified problem is solved on determining the direction of reactions between adjacent compartments. The basic equations of conditions of equilibrium of the prism are deduced. Differential equations are received defining the geometry of a potential surface of sliding. The sliding surfaces are constructed and limiting parameters of flat homogeneous free slopes are determined. The solution of the problem is given on the basis of variational methods of calculation. The questions of the sliding surface refraction in anisotropic and inhomogeneous rock masses are considered.
Keywords: *slope; the condition of equilibrium; stability; extremum of the functional differential equation; the sliding surface; anisotropy; heterogeneity; the angle of the fracture.*

References

1. Zhabko A.V. Research of laws that define the geometry of the sliding surface in slopes and design characteristics, in isotropic rock masses: dis. Ekaterinburg, 2009. 152 p.
2. Zhabko A.V. The theory of stability calculation of bases and slopes // News of the UrSMU. 2011. Issue 25–26. p. 59–65.
3. Zhabko A. V. The calculation of slope stability // Mine Surveying and subsoil use. 2012. N 2. p. 55–59.
4. Zhabko A. V. Limiting parameters of flat uniform slopes // News of the higher institutions. Mining Journal. 2012. N 6. p. 22–25.
5. Targ S. M. A short course of theoretical mechanics: Studies for technical colleges. 12 ed., Sr. Moscow: Higher School, 2002. 416 p.
6. Solovyov Y. I. Slope stability of the hypothetical ground // Problems of Engineering Geology, bases and foundations. Moscow, 1962. p. 83–97.
7. Dorfman A. G. A variational method for studying the stability of slopes // Geotechnical issues. Dnepropetrovsk, 1965. p. 17–25.
8. Lavrentiev M. A., Lusternik L. A. The course of variations calculus. 2nd ed. Moscow: State. publ. tech. theory. lit., 1950. 296 p.
9. Markeev A. P. About the principle of the least constraint // Soros Educational Journal. 1998. N 1. p. 113–121.
10. Pisarenko G. S. and others. Strength of materials. Kiev: State. Publ. ed. techn. lit., 1963. 791 p.
11. Krasnov M. L., Makarenko G. I., Kiselev A. I. Variations calculus. Moscow: Nauka, 1973. 192 p.
12. Rules on stability of slopes in coal mines. St. Petersburg, 1998. 208. (Ministry of Energy of the Russian Federation. RAN. State Institute of mining geomechanics and surveying. Interdisciplinary scientific center).

Zhabko Andrey Viktorovich – Ural state mining university, Ekaterinburg, Russia.
E-mail: zhabkoav@mail.ru

New solutions of the use of industrial tapes for transportation of loose materials / *Davydov S. Ya.*

The pictures, description and method of calculation of basic design parameters of foreign systems of tubular belt conveyors (TLC) are given. Some distinctive features of the proposed foreign and TLC are described. Fundamentally important parameters limitations of TLC are shown. The method of finding of the smallest bend radius of the belt rolling up is suggested. The technical specifications are presented of domestic rubber-fabric belts and characteristics and conditions of materials transportation as well. A new development of the TLC is presented with the least resistance of the belt run on ball-supports. The advantages of this TLC before the conveyor belt are enumerated.
Keywords: *tubular belt conveyor (TLC); curved track; tube diameter; overturning of a blank branch; covering belt; width of the gap.*

References

1. Noymann T. Tubular Conveyor Belts ConiTech – excellent transport solution! // Coal. 4. 2013. p. 76–77.

2. Galkin V. I. Trends of belt conveyors development for mining // International scientific and practical conference. Modern technologies of production of conveyor belts in Russia. Ekaterinburg, 22–23 November 2012. p. 15.

3. Davydov S. Ya., Kozhushko G. G. Use of domestic belts in a tubular belt conveyor // Internnational scientific and practical conference. The modern technologies of production of conveyor belts in Russia. Ekaterinburg. p. 7.

4. Tubular belt conveyer with turnover of the return run of the belt / Davydov S.Ya., Kashcheev I. D.; Sychev S. N., Lyaptsev S. A. // Refractories and Industrial Ceramics. 2010. Vol. 51. N 4. p. 250–255.

5. Davydov S. Ya., Kashcheev I. D. Conveyer trains for transporting loose materials // Refractories and Industrial Ceramics. 2011. Vol. 52. Issue 1. p. 12–17. DOI 10.1007/s11148-011-9355-4.

6. Davydov S. Ya., Kascheev I. D., Malagamba S. V. Energy-saving tubular belt conveyor // New refractories. 2004. N 8. p. 33–35.

7. Davydov S. Ya. and others. A tubular belt conveyor with overturning of blank branches // New refractories. 2010. N 7. p. 10–15.

8. Patent 2019476 RU. Belt conveyor / S. Y. Davydov [and others]. Appl. 29.05.1990 No. 4860663, publ. 15.09.1994, B.I, 1994, N 17.

9. Davydov S. Ya. New energy-saving furnace and store equipment for cement production: a training manual. Ekaterinburg: Ural State Technical University. 2004. 170 p.

10. Weber G. E., Davydov S. Ya., Valyeev O. F. Reducing dust on conveyor transport // News of the higher institutions. Mining Journal. 2004. N 2. p. 65–70.

11. Davydov S. Ya. Energy-saving equipment for transporting of loose materials: Research, development, production. Ekaterinburg: Ural State Technical University. 2007. 317 p.

12. Feodosyev V. I. Strength of materials: a textbook for higher schools. Moscow: Nauka. 1986. p. 512.

13. Weber G. E., Lyaptsev S. A. Lectures on theoretical mechanics: training manual. Ekaterinburg: Ural state mining academy. 1998. p. 272.

14. Davydov S. Ya. and others. Use of domestic conveyor belts in a tubular belt conveyor // New refractories. 2008. N 53. p. 34.

15. Belt conveyor for conveying dust-forming materials / S. Ya. Davydov [and others] // New refractories. 2003. N 2. p. 17–21.

16. Patent 2264966 RU. Belt conveyor / S.Ya. Davydov [and others]. Appl. 01.06.2004, N 2000116731, publ. 27.11.2005; B.I. N 33.

17. Davydov S. Ya., Weber G. E., Masterova E. V. Tubular belt conveyor for dust-forming materials // News of the higher institutions. Mining Journal. N 2. 2006. p. 98–101.

18. Galkin V. I. Features of operation of the tubular belt conveyors // Mining equipment and electromechanics. 2008. N 1. p. 7–12.

19. Sertificate of authorship N 1569307 SU. Equipment for conveying of loose material / S.Ya. Davydov [and others]. Appl. 26.07.1988 N 4466641, publ. 07.06.1990; B.I. N 21.

20. Shahmeyster L. G., Dmitriev. V. G. Theory and calculation of belt conveyors. Mechanical engineering, 1987. 336 p .

21. Perten Y. A. Steeply inclined conveyors. Mechanical Engineering, 1977. 210 p .

22. Volkov A. R. Conveyors: reference book. Mechanical Engineering, 1984. 367 p.

23. Davydov S. Ya., Kascheev I. D., Selezneva A. J. Determining the length of the bend with overturning of a twisted rubber conveyor belt to a C-shaped arrangement of its edges, facing up // New refractories. 2010. N 4. p. 31–32.

Davydov Stanislav Yakovlevich – Ural state mining university, Ekaterinburg, Russia.
E-mail: davidovtrans@mail.ru

Non-destructive control of hydromechanization equipment in coal mines of Kuzbass / *Gericke P. B.*

On the example of hydromechanization equipment, such as pumps, dredges, hydromonitors etc., being operated in conditions of Kuzbass coal industry, a classification has been made of the most common defects of the dynamic equipment. The substantiation is given of the use of non-destructive methods of control as a necessary component in transition to a system of maintenance of the equipment according to actual technical state.
Keywords: *vibrodiagnostics; hydromechanization; dynamic equipment; maintenance management.*

References

1. The Federal Law "On industrial safety of hazardous production facilities" from 21.07.97 N 116-FL.
2. Gericke B. P. and others. Diagnostics of mining machinery and equipment: manual. Moscow, 2012. 400 p.
3. Non-destructive control. Reference book in 7 volumes / ed. Corr. RAS V. V. Klyuyeva. T. 7. Moscow, 2005. 828 p.
4. Standard ISO 10816 (1–4). Evaluation of machine vibration on measurement results of non-rotating parts.
5. Klishin V. I. and others. Safety problems and new technology of underground coal mining. Novosibirsk, 2011. 524 p.

Gericke Pavel Borisovich – Kuzbass state technical university, Kemerovo, Russia.
E-mail: am_besten@mail.ru

SOCIAL-ECONOMIC SCIENCES AND HUMANITIES

Stability as one of the main characteristics of the system / *Kosolapov O. V., Ignatieva M. N.*

The article reveals the essence of the concept of sustainability, discusses the features of the forms of its manifestation, as well as the specificity of formation of stability with respect to technical, socio- economic and natural systems, the differences in approach in its assessment. The conditions are detailed allowing to provide social, economic and environmental sustainability. The classification features related to environmental stability are substantiated.
Keywords: *stability; forms of approaches to assessment; the natural system.*

References

1. Ozhegov S. I. Dictionary of the Russian lanfuage. Moscow, 1953. 848 p.
2. Vlasova M. S. Development of management mechanism of economic stability of mining enterprise by monitoring its obligatory payments. Author's abstract. Moscow, 2003. 22 p.
3. Mining: terminology dictionary / L. I. Baron [and others]. Moscow: Nedra. 1981. 479 p.
4. Polytechnical Dictionary / I. I. Artobolevsky. Moscow, 1976. 608 p.
5. Ecology of Russia / under ed. of A.V. Smurova, V. V. Snakin. Moscow: Publisher "Academy" 2011. 352 p.
6. Lyubushin N. P., Leshcheva V. B., Dyakova V. G. Analysis of financial and economic activity of enterprise. Moscow: Unity-Dana. 2004. 471 p.
7. Savitskaya G. V. Analysis of the economic activity of enterprises. Moscow: Ecoperspektiva. 1997. 498 p.
8. Reference book for financier of enterprise. Moscow: INFRA-M. 1996. 368 p.
9. Sheremet A. D., Saifullin R. S. The techniques of financial analysis. Moscow: INFRA-M. 1995. 176 p.
10. Bogdanov I. J. The economic safety of Russia: theory and practice. Moscow, 2001.
11. Baranenko S. P., Shemetov V. V. The strategic stability of the enterprise. Moscow: Center-

poligraf, 2004. 493 p.
12. Pchelintsev O. S. Regional economy in the system of sustainable development. Moscow: Nauka. 2004. 258 p.
13. Emelyanov S. V., Korovin S. K. New types of feedback: management under uncertainty. Moscow: Nauka. 1997. 348 p.
14. Kazakov L. K. Landscape study. Ed. center "Academy". 2011. 336 p.
15. Redina M. M. Methodological principles of providing ecological and economic sustainability of oil and gas companies. Review. Moscow, 2011. 40.
16. Demidovich B. P. Lectures on mathematical theory of stability.Moscow: Nauka. 1967. 470 p.
17. Zeldovich Ya. B., Myshkis A. D. Elements of applied mathematics. Moscow: Nauka. 1967. 848 p.
18. Lebedev V. V. Mathematical modeling of socio-economic processes. Moscow: Izograf. 1997. 224 p.
19. Samarsky A. A., Mikhailov A. P. Mathematical modeling. Moscow: Nauka, 1997. 320 p.
20. Schmidt A. V. The research, evaluation and prediction of economic sustainability of the industrial enterprise. Review. Chelyabinsk, 2005. 24 p.
21. Danilov-Danilyan V. I., Losev K. S. Initial positions of sustainable development // Sustainable development. 1999. N 4. p. 3–8.
22. Tatarkin A. I. and others. Modelling of sustainable development as a condition for increase of economic security of territory. Ekaterinburg: Ural state mining university, 1999. 275 p.
23. Emelyanov A. G. Fundamentals of natural resources. Moscow: Publisher "Academy", 2009. 304 p.
24. Isachenko A. G. Landscape science and physical geographical "zoning". Moscow: "Higher School", 1991. 366 p.
25. Reimers I. F. Natural resource use. Moscow: Mysl. 1990. 638 p.
26. Troubetzkoy K. N., Gapchenko Y. P., Bourtsev A. I. Environmental problems of exploitation of mineral resources in sustainable development of nature and society. Moscow: "Scientific and technical publishing", 2003. 262 p.
27. Kamyshev A.P. Stability analysis of natural and technical systems in the North-Western Siberia // Geoecology. 2000. N 2. p. 116–126.

Kosolapov Oleg Veniaminovich – Directorate "Orenburgnedra", Orenburg, Russia.
Ignatieva Margarita Nikolaevna – Ural state mining university, Ekaterinburg, Russia.

On insurance of nuclear risks / *Ovcharov A. Yu.*

The article deals with the principles of liability for damage caused by nuclear incidents, the story of formation of these principles. The analysis is presented of reflection of principles of responsibility for damage caused by nuclear incidents in the Russian legislation, as well as problems are revealed of liability insurance for damage caused by nuclear incidents .
Keywords: *nuclear risks; accidents; damage; economic insurance.*

References:
1. Amelina M. E, Arsentev S. V., Molchanov A. S. Civil liability for nuclear damage in the exploitation of transportable nuclear power plants (TNP) // Current issues of the International Nuclear Law: Proceedings of the Symposium June 8, 2010, Moscow.
2. Vasilyeva L. F. Features of civil law liability for damage caused by radiation exposure when using the nuclear energy for peaceful purposes // Russian justice. 2008. N 5. p. 30.
3. The Vienna Convention on Civil Liability for Nuclear Damage. Adopted in Vienna on 21.05.1963 at the International Conference on Civil Liability for Nuclear Damage.
4. The Vienna Convention on Civil Liability for Nuclear Damage of 1997. The consolidated text of the Vienna Convention on Civil Liability for Nuclear Damage of 21 May 1963 as amended by the Protocol of 12 September 1997, issued by the Secretariat of the International Atomic Energy Agency.

5. The 1997 Vienna Convention on Civil Liability for Nuclear Damage and the 1997 Convention on Additional Compensation for Nuclear Damage. The explanatory text. The comprehensive study of the liability regime for nuclear damage of the Agency carried out by International Expert Group on Nuclear Liability IAEA (INLEX). July 2004.

6. Galushin N. V. Another five years of nuclear security – the deepening and development of international relations. URL: http://www.insur-info.ru/interviews/866.

7. Civil Code of Russian Federation (parts 1 and 2), as amended on February 20, August 12, 1996.

8. Popov A.V. Legal regulation of the Civil Liability for Nuclear Damage // International Forum ATOMEXPO 2012.

9. The rules of civil liability insurance of operating companies – nuclear facilities of " OAO SOGAZ". April 12, 2007.

10. Federal Law N 170 "On the Use of Atomic Energy", of 20.10.95.

Ovcharov Andrey Yuryevich **–** Ural state mining university, Ekaterinburg, Russia.

New industrialization and knowledge economy: bases of the development / *Dushin A. V.*

There is a brief overview of a new industrialization terms, the analysis of the status and prospects of the recycling metals development in Russia and the world. Collected and analyzed data on the trends in the markets of the largest by volume of consumption of metals. Summarized results of research on the dynamics of socio-economic processes in the world. There are the development priorities of recycling metals in Russia and the world.
Keywords: *new industrialization; recycling of metals; knowledge economy; industrial raw materials.*

References

1. Machlup F. The Production of Information and Knowledge. NY.: Princeton University Press, 1962.

2. Makarov V. L. Knowledge economy: lessons for Russia // News of the AS. 2003. N 5. p. 450–456.

3. Popov E. V., Vlasov M. V. Institutions of knowledge. Ekaterinburg: Institute of economics UB RAS, 2012. 256 c.

4. Glazyev S. Yu., Lvov D. S., Fetisov G. G. Evolution of technical economic systems: capabilities and boundaries of centralized regulation. Moscow: Nauka, 1992. 208 p.

5. World Population Prospects: The 2010 Revision // URL: http://esa.un.org/wpp/Excel-Data/population.htm

6. Kapitsa S. P. The paradpxes of the growth: Principles of the global development of humanity. 2nd ed. Moscow: Alpina non-fiction, 2012. 204 p.

7. Ermak S. New urban utopia // Expert Ural. 2012. N 35 (521). p. 8–11.

8. Population policy conception of the Russian Federation for the period up 2025 year // URL: http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/70088244/

9. Saga about the foresight / [Tolmachev D. E. and others] // Expert. 2012. N 27 (518). p. 16–22.

Dushin Aleksey Vladimirovich – Ural state mining university, Ekaterinburg, Russia.

Formation of local potentials of the enterprise / *Strovsky V. E., Kosolapov O. V.*

Methodological principles of formation of local potentials of the enterprise that are considered from the perspective of socio-economic system, are disclosed. Structuring of the model of socio-economic system (the enterprise) by types of local potentials and a character of the organization of the production allows to obtain the integral characteristic of implemented activities in the various subsystems. Recommended are principles that recommended by the authors that used in the formation of local potentials.
Keywords: *the system; local potentials; the model; dtructuring; principles.*

References

1. Bertalanfi L. The history and the status of the common theory of the systems // System researches. Moscow: Nauka, 1973.
2. Blauberg I. V., Yudin E. G. Becoming and essence of the system approach. Moscow: Nauka, 1973. 274 p.
3. Jeffers J. Introduction in the system analysis: application in the ecology. Moscow: Progress, 1984. 342 p.
4. Mesarovich M., Maco D., Takahara I. The theory of hierarchical multilevel systems: transl. from English. Moscow: Mir, 1973.
5. Sadovsky V. N. Bases of the common theory of systems. Moscow, 1972.
6. Buhalkov M. I. Intercompany planning. Moscow: Infra-M, 2000. 392 p.
7. Akoff R. L. Planning of the corporation' future: transl. from English. Moscow: Progress, 1985. 326 p.
8. Alekseeva M. M. Planning of the firm' activity. Moscow: Finansy i statistika, 1997. 248 p.
9. Vudkok M., Frensis D. Liberated manager. Moscow: Delo, 1991. 320 p.
10. Kovalevsky A. M. Perspective planning on industrial enterprises and production associations. Mscow: Economist, 1973. 320 p.
11. Lebedinsky N. P. The bases of the methodology of the planning and the automatization of routina calculations. Moscow: Ekonomika, 1989. 272 p.

Strovsky Vladimir Evgenyevich – Ural state mining university, Ekaterinburg, Russia.
Kosolapov Oleg Veniaminovich – Directorate "Orenburgnedra", Orenburg, Russia.

Developing of markets of industrial production of Sverdlovsk region in conditions of world trade organization (WTO) / *Lavrikova Yu. G., Kotlyarova S. N.*

This paper discusses the problem of markets for industrial products of the Sverdlovsk region and stimulation of demand in them, taking into account some characteristic features of internal, inter-regional and regional markets of Russia, having a lack of production capacity. A combination of financial, human and organizational measures are suggested to support the development of industrial complex with regulation of product markets to increase the economic competitiveness of the Sverdlovsk region.
Keywords: *industry; markets; industrial policy.*

References

1. The concept and practice of forming of the Ural building cluster/ Lavrikova Ju. G. [and others]. Ekaterinburg: UB RAS, Institute of Economics, 2013. 142 p.
2. The official website of the Ministry of Industry and Science of the Sverdlovsk region. URL: http://mpr.midural.ru/ (date of use: 22.08.2013).
3. Official website of the President of the Republic of Tatarstan. URL: / http://1997-2011.tatarstan.ru/ (date of use 11.09.2013) .

Lavrikova Yulia Georgievna – Institute of economics, Ural branch of the Russian academy of sciences, Ekaterinburg, Russia. E-mail: k5151@mail.ru
Kotlyarova Svetlana Nikolaevna – Institute of economics, Ural branch of the Russian academy of sciences, Ekaterinburg, Russia. E-mail: sv_gavrilova@mail.ru

ТРЕБОВАНИЯ К РУКОПИСЯМ СТАТЕЙ, НАПРАВЛЯЕМЫХ В ЖУРНАЛ «ИЗВЕСТИЯ УГГУ»

Уважаемые авторы!

Журнал «Известия УГГУ» предназначен для публикации результатов научных исследований сотрудников, аспирантов, студентов УГГУ и лиц сторонних организаций.

В редакцию необходимо предоставить:

1. Текст статьи на русском языке в электронном и печатном виде (в 2 экз., с подписью автора). Текст должен быть идентичен в обеих версиях. Необходимо указывать номер УДК.

2. Библиографический список. Ссылки на источники должны идти в тексте по порядку – 1, 2, 3). В тексте ссылки заключаются в квадратные скобки. Количество ссылок в тексте должно соответствовать количеству источников литературы в библиографическом списке. Упоминания ГОСТ, СНиП, правил безопасности, нормативных, законодательных и других документов рекомендуется приводить в тексте статьи, не вынося в библиографический список.

3. Аннотацию и ключевые слова. Аннотация должна быть развернутой, не менее 5–6 предложений.

4. Сведения об авторах. Необходимо указать ФИО, должность, ученую степень и звание, место работы (учебы) с указанием полного почтового адреса, контактный e-mail, контактный телефон.

5. Рекомендацию кафедры, или члена редколлегии, или редактора по разделу.

6. Экспертное заключение о возможности опубликования.

Название статьи, аннотация, ключевые слова должны быть переведены на английский язык. Также необходима транслитерация фамилии, имени, отчества, которую Вы обычно используете.

Объем статей вместе с иллюстрациями не должен превышать 10 стр.

Оформление статей

1. Текст статьи набирается в редакторе Microsoft Word, поля документа: левое 3 см, остальные – 2,5 см. Шрифт Times New Roman, 11 кегль, одинарный интервал. Страницы нумеруются.

2. В тексте допускаются только общепринятые сокращения слов. Все сокращения в тексте, рисунках, таблицах должны быть расшифрованы.

3. Формулы должны быть набраны в редакторе Microsoft Equation и пронумерованы, если в тексте имеются ссылки на них.

4. При наборе формул и текста латинские буквы выделяют курсивом, а русские, греческие и цифры – прямым шрифтом.

5. Тригонометрические знаки (sin, cos, tg, arcsin и т. д.), знаки гиперболических функций (sh, ch, th, cth и т. д.), обозначения химических элементов (Al, Cu, Na и т. д.), некоторые математические термины (lim, In, arg, grad, const и т. д.), числа или критерии (Re – Рейнольдса и т. д.), названия температурных шкал (°C – градусы Цельсия и т. д.) набирают прямым шрифтом.

6. Физические единицы приводятся в системе СИ.

Графический материал

Рисунки, карты, чертежи предоставляются в электронном и бумажном виде, в цветном и/или черно-белом исполнении. Изображения должны быть четкими, контра-

стными. Таблицы и схемы должны быть пригодными для правки. Таблицы и схемы, сканированные как изображения, не принимаются.

На картах обязательно указывается масштаб. На чертежах, разрезах, картах должно быть отражено минимальное количество буквенных и цифровых обозначений, а их объяснение – в подрисуночных подписях. Ксерокопии и сканированные ксерокопии фотографий не принимаются. Рисунки с нечитаемыми или плохо читаемыми надписями, с подписями «от руки», слишком тонкими линиями не принимаются.

Текст в рисунках, картах, схемах, таблицах должен быть набран шрифтом Times New Roman.

Подрисуночная подпись должна быть набрана 9 кеглем и шрифтом «Times New Roman», экспликация – 8 кеглем, шрифт тот же.

Основной текст в таблице набирается 9 кеглем, шрифт «Times New Roman», шапка таблицы – 8 кеглем, шрифт «Times New Roman».

Редактура и компьютерная верстка *Шориной Э. В.*
Корректор *Пихтовникова О. Г.*
Перевод на англ. яз. *Удачиной Н. А.*

Подписано в печать 29.11.2013. Формат 60 × 84 1/8. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 12,5. Уч.-изд. л. 11,9. Тираж 500. Заказ № 4.

Свидетельство о регистрации ПИ № ФС77-55055

Издательство ФГБОУ ВПО «УГГУ»
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30
ФГБОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

Отпечатано в типографии
ООО «Издательство УМЦ УПИ»
620049, г. Екатеринбург, ул. Гагарина, 35 а, оф. 2